Sensibilitätsprüfungen an den überkronten Zähnen mit Kälteaerosolen

vorgelegt von
Fikret Senocak
München 1978

1979

Aus der

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
der Universität München

Direktor: Prof. Dr. E.Kraft

Sensibilitätsprüfungen an den überkronten Zähnen mit Kälteaerosolen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians - Universität zu München

vorgelegt von

Fikret Senocak

aus

Ankara

München 1978

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. E.Kraft
Dekan: Prof. Dr. W.Spann
Tag der mündlichen Prüfung: 22.3.1979

MEINEN ELTERN

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. EINLEITUNG	1
B. LITERATUR	3
I. Literatur über die Schmerzentstehung, Indikationsstellung und Kritik der Vitalitätsprüfungen in der Literatur	3
1. Definition der Vitalitätsprüfung	3
2. Vorbedingungen zur Vitalitätsprüfung von Zahnpulpen	4
2.1 Erhebung der Anamnese	4
2.2 Angaben im Überweisungsschein	4
2.3 Störungen der Umgebung	5
2.4 Erhebung der zahnärztlich-klinischen und -röntgenologischen Befundes	5
3. Grundsätzliches zur Vitalitätsprüfung bei der Behandlung der Zähne	6
3.1 Indikationsstellung	6
3.2 Weitere mögliche Indikationen für Vitalitätsprüfungen	8
4. Schmerzempfindlichkeit der Pulpa und des Dentins	10
4.1 Innervation und Schmerzauslösung	10
4.2 Regressive Veränderungen der Pulpa und ihre Sensibilität	13
5. Kritische Betrachtung der Pulpadiagnose durch die Vitalitätsprüfung	15
II. Methoden der Vitalitätsprüfung in der Literatur	18
1. Physiologische Temperaturverhältnisse an den Zahnoberflächen	18
2. Temperaturleitverhältnisse in den Zahnhartgeweben	19
3. Forderungen, die an ein Prüfungsverfahren gestellt werden	21
4. Objektive Prüfungsmethoden	21
a) Die Beurteilung der Verfärbung und Translu-zenz der Zähne	22
b) Perkussionsprobe	22

Seite

c) Sensibilitätsprüfungen 23
c - 1) Elektrische Sensibilitätsprüfungen 23
c - 1.1 Galvanische Ströme 24
c - 1.2 Niederfrequente Wechselströme . 24
c - 1.3 Hochfrequente Wechselströme ... 26
c - 1.4 Chronaxiemessung 27
c - 2) Thermische Sensibilitätsprüfungen 28
c - 2.1 durch Wärmeanwendung 28
c - 2.2 durch Kälteanwendung 28
c - 2.2.1 Thermometrie von WALKHOFF 28
c - 2.2.2 Applizierung von Chloräthyl 29
c - 2.2.3 Kohlensäureschnee ... 30
c - 2.2.4 Kälteaerosolen 33

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN 36
1. Erstellung und Auswahl des Probandengutes 36
2. Angewandtes Material und Methodik 36
3. Untersuchungsmodus 44

D. ERGEBNISSE 46

E. DISKUSSION 50
1. Diskussion der Ergebnisse 50
2. Diskussion der Methode 52

F. ZUSAMMENFASSUNG 57

LITERATURNACHWEIS 59

A. EINLEITUNG

Die Pulpadiagnostik nimmt in unserem Praxisalltag eine zentrale Stellung ein.

Um eine eindeutige Diagnose und Prognose zu erhalten, müssen wir vor Beginn jeglicher zahnärztlichen Behandlung die Vitalität einer Pulpa überprüfen. Der Vitalitätsprüfung kommt somit die Aufgabe zu, ein möglichst wahrheitsgetreues Bild des Pulpazustandes zu vermitteln. Von dieser Prüfung hängen die verschiedenen Wege therapeutischen Vorgehens, fachgerechte Beurteilung und Planung prothetischer Behandlung ab.

Wir haben in der Praxis verschiedene Möglichkeiten, die Vitalität oder den Vitalitätsgrad einer Pulpa zu diagnostizieren. Neben elektrischen Test-Möglichkeiten wird ohne Zweifel dem Kohlensäureschnee die größte diagnostische Treffsicherheit unter den Kältemitteln zuerkannt. Bei überkronten Zähnen versagt der Elektrotest aus elektro-physikalischen Gründen. Sie lassen sich allein mit Kältetests prüfen. Nach SAXER (44) machen die überkronten Zähne einen beachtlichen Teil der zu untersuchenden Zähne aus. Nach SAXERs Beobachtungen weisen Patienten zwischen dem 35. und 55. Lebensjahr an etwa 11 % der Zähne Kronen, Brücken oder Stiftzähnen auf.

Die zuverlässige Beurteilung gerade dieser Zähne ist besonders wichtig. Anamnestisch erfahren wir von den Patienten meist nur wenig. Über eine durchgeführte Zahndevitalisation erhält man von ihnen in der Regel nur unsicheren Aufschluß. Die Art und Größe eines konservierenden Eingriffes sowie eine eventuell sichtbare Zahnverfärbung bleiben bei überkronten Zähnen verborgen. Auch das hier in vielen Fällen zur Klärung herangezogene Röntgenbild erlaubt uns keine direkte Diagnosestellung hinsichtlich des Pulpazustandes.

Neuerdings werden im Handel Kältemittel vom Frigen-Typ angeboten. Es handelt sich um Fluorchlormethan- bzw. äthanverbindungen. Diese Stoffe haben in Deutschland unter dem Warenzeichen Frigen auf dem Gebiet der Aerosol- und Sprühtechnik als Treibmittel große Verbreitung gefunden. In der Literatur wird berichtet, daß das Frigen-Kältemittel bei weniger tieferer Temperatur als sie der Kohlensäureschnee habe, in Wirkung und zuverlässiger Aussage gleichermaßen gut sei; je nach Applikationsart soll es sogar die bekannt große Treffsicherheit des Kohlensäureschnees übertreffen (33, 34).

Die Aufgabe meiner Untersuchungen war, ein zur Vitalitätsprüfung von Zähnen entwickeltes Kältemittel Frigen 12 Spezial (Dichlordifluormethan CCl_2F_2) Provotest zusammen mit der bislang zuverlässigsten Kälteprüfung mit Kohlensäureschnee an den überkronten Zähnen auf ihre Verläßlichkeit und ihren diagnostischen Aussagewert zu untersuchen und zu vergleichen.

B. LITERATUR

I. Über die Schmerzentstehung, Indikationsstellung und Kritik der Vitalitätsprüfungen in der Literatur

1. Definition der Vitalitätsprüfung

Nach der gutachterlichen Stellungnahme von KETTERL (28) verstehen wir unter einer Vitalitätsprüfung "Die Anwendung von Methoden, die eine Aussage über die Vitalität der Pulpa des Zahnes gestatten. Sie ermöglichen die Diagnose, ob die Pulpa lebend, also vital ist, oder ob an dem betreffenden Zahn keine lebende Pulpa mehr vorliegt. Kriterium ist dabei die Sensibilität der Pulpa, die mit Hilfe von teilweise dosierten Reizen thermischer oder elektrischer Art geprüft wird."

In den Angaben über die Vitalitätsprüfung ist immer wieder zu erkennen, daß sie als eine Prüfungsmethode für sich allein aufgefaßt wird, mit der "der Tod oder das Leben des Zahnes" festgestellt wird. Nach THONHOFER (52) kann man sich damit nicht einverstanden erklären, daß man von Vitalität und Avitalität der Pulpa spricht und daß die Vitalitätsprüfung eine selbständige, einfache, schnell durchführbare und nur auf den Zahn gerichtete Methode sein soll. Erfolgt bei der Vitalitätsprüfung die richtige Applikation des Reizes, so werden zuerst die Rezeptoren der Pulpa getroffen. Erreicht die Reizstärke die Reizschwelle, so entsteht in ihnen eine Erregung, die sich auf sensiblen und vegetativen Bahnen zentralwärts zum Gehirn fortpflanzt und hier zu Empfindung transformiert wird.

Das Gehirn fungiert aber bei der Vitalitätsprüfung nicht nur als Reflexzentrum, sondern beteiligt sich auch als Umschaltstation in einem ganzen Komplex psychischer und vegetativer Abläufe. In seinen weiteren Ausführungen macht THONHOFER darauf aufmerksam, daß es sich bei der Pulpenprüfung nicht um eine einfache, nur auf den Zustand der Reizrezeptoren der Pulpa gerichtete Einwirkung handle, sondern, wie aus den psycho-

physiologischen Überlegungen zu ersehen, um einen biologischen Komplex, in dem eine ganze Reihe von Funktionen eingeschaltet werden. Diese Prozesse sind nicht nur vom Zustand, in dem sich die Rezeptoren befinden, abhängig, sondern auch von dem Funktionieren aller Reihenglieder.

Mit der Vitalitätsprüfung können um so genauere Aussagen gemacht werden, je besser die einzelnen Glieder der Funktionsreihe erfaßt werden und das möglichst noch vor ihrer Anwendung.

2. Vorbedingungen zur Vitalitätsprüfung von Zahnpulpen

Nach diesen Überlegungen sind somit Vorbedingungen zu erfüllen, die sich nicht allein auf den Zahn und seine Pulpa, also auf lokale Verhältnisse beziehen. Um den hier in Frage kommenden medizinischen Anforderungen gerecht zu werden, muß die

2.1 Erhebung der Anamnese

des zahnärztlich-klinischen und -röntgenologischen Befundes nicht nur der Zielsetzung angepaßt, sondern auch ergänzt werden durch die Auswertung von Hinweisen und Symptomen, die aus der Komplexität der Methode folgen und die psychosomatische Ganzheit des Kranken berücksichtigen. Um einige Punkte aus der Zahnanamnese hervorzuheben, die im Zusammenhang mit der Vitalitätsprüfung interessieren, wären zu nennen alle Zahnbehandlungen und die ihnen vorausgegangenen Beschwerden, ferner erlittene Traumen und familiäre Anomalien. Beschwerden im Sinne einer akuten Entzündung der Pulpa deutet auf Vitalität hin. An erster Stelle haben Berücksichtigung zu finden

2.2 Angaben im Überweisungsschein

Sie beziehen sich auf die Personalien des Kranken, Überweisungsdiagnose, Begründung zur Vitalitätsprüfung und auf die bisherige allgemeine und lokale Therapie. Aus diesen Angaben sind wichtige Hinweise für die Durchführung, den Verlauf und

die Beurteilung der Vitalitätsprüfung zu erhalten. Welche Bedeutung diese für uns haben, hängt davon ab, mit welchen Erinnerungsbildern wir sie aufgrund unserer Kenntnisse und Erfahrungen zu assoziieren vermögen. Es sind z.B. neurologische, psychiatrische,aber auch interne Erkrankungen, die durch die notwendige Therapie störend in den Reaktionsablauf eingreifen. Aber auch lokale zahnärztliche Behandlung kann das Organ "Zahn" im Hinblick auf die Vitalitätsprüfung umstimmen. Die Angaben im Überweisungsschein geben weiter gute Möglichkeit, mit dem Kranken Kontakt zu bekommen, um die Anamnese zu einem vertraulichen Zwiegespräch zu gestalten. Das Vertrauen zum Arzt löst die Zunge des Kranken und seine Aussagen werden verwendbar.

2.3 Störungen der Umgebung

müssen unbedingt vermieden werden. Sie wirken sich schon auf die Aussagen Gesunder in der Anamnese, bei der klinischen Untersuchung und Vitalitätsprüfung, also auf die subjektive Komponente des Pulpentestes ungünstig aus; um wieviel mehr ist das der Fall bei Kranken, die weit sensibler sind.

Zu den Vorbedingungen für die Vitalitätsprüfung gehört weiter die

2.4 Erhebung des zahnärztlich-klinischen und -röntgenologischen Befundes.

Bei den klinischen Symptomen ist auf geringe Anomalien der Schmelzstruktur, Zahnform, Stellunganomalien, ferner geringe Schmelzalterationen durch Putzen, Berufs- und andere Traumen, weiter auf Zahnfarbe (gelber, weißer oder grauer Ton) zu achten. Man soll bei der Untersuchung vorsichtig vorgehen. Bei der Auswertung der Röntgenbilder soll u.a. auf Sekundärdentinbildung und Dentikel, auf diffuse oder lokale Entkalkungen des Dentins, okkulte Karies, Anomalien der Wurzel und ihrer Kanäle geachtet werden. Wenn diese Voruntersuchungen erfüllt sind, teilt THONHOFER (52) die Zähne in "unauffällige" und "auffällige" ein. Unter "unauffälligen" Zähnen versteht er solche, die nicht den geringsten Anhalt für Anomalien, Er-

krankungen und Beschwerden, noch für erlittene Traumen oder Behandlungen geben. Sie haben Bedeutung für die vergleichende Auswertung der Vitalitätsprüfung im ganzen und im Einzelfall. Sie ermöglichen die Ermittlung von Bezugswerten.

Durch die Inspektion lassen sich lediglich Vermutungen hinsichtlich Vitalität oder Pulpentod äußern. So spricht eine Resektionsnarbe sowie das Vorliegen einer Schwellung für eventuellen Pulpentod. Beschwerden im Sinne einer akuten Entzündung der Pulpa deuten auf Vitalität hin (KETTERL (28)).

Im Rahmen einer Untersuchung routinemäßig durchgeführtes Beklopfen der Zähne in axialer Richtung aufgrund eines gegenüber gesunden Zähnen veränderten Klopfschalls oder des Phänomens des Wurzelschwirrens geben uns Hinweise auf evtl. Pulpentod. Auch die Klopfempfindlichkeit eines Zahnes läßt eine Erkrankung der Wurzelhaut und damit indirekt einen Pulpentod nur vermuten.

Alle diese Phänomene vermögen also keinen eindeutigen Beweis dafür zu erbringen, ob der entsprechende Zahn vital oder devital ist.

Zur Sicherung dieser Diagnose sind daher besondere Maßnahmen erforderlich, die mit Wahrscheinlichkeit eine definitive Auskunft über den Zustand im Pulpenraum geben.

3. Grundsätzliches zur Vitalitätsprüfung bei der Behandlung der Zähne

3.1 Indikationsstellung

Es gilt bei der Indikation der Vitalitätsprüfung grundsätzlich die Forderung, daß der Zahnarzt bei jedem Zahn, an dem er irgendeine die Zahnhartsubstanz oder die Pulpa betreffende Behandlung vornimmt, Bescheid wissen muß, ob es sich um einen vitalen oder pulpentoten Zahn handelt. Da die einzuschlagende Therapie bei vitalen und pulpentoten Zähnen in beiden Fällen wesentliche Unterschiede aufweist, ist für eine

exakte Behandlung die Klärung der Frage nach der Vitalität von ausschlaggebender Bedeutung. Es ist ein ärztlicher Grundsatz, daß vor der Durchführung einer Therapie alle diagnostischen Möglichkeiten ausgeschöpft werden sollen. Die Vitalitätsprüfung aber stellt eine der wichtigsten diagnostischen Maßnahmen des Zahnarztes dar (28). Dies erfordert aber nicht in jedem Fall spezielle Methoden, da auch Schmerzen, die bei der Entfernung des kariösen Dentins und bei der Präparation der Kavität auftreten, einen Beweis für eine lebende Pulpa darstellen können. Die Vitalität ergibt sich in solchen Fällen ohne besonderes diagnostisches Hilfsmittel aus der Therapie als Diagnosis ex juvantibus. Führen solche Maßnahmen nicht zu klaren Verhältnissen hinsichtlich der Vitalität, so muß mit speziellen Methoden der Vitalitätsprüfung spätestens vor der provisorischen (oder gar definitiven) Versorgung des Zahnes die Frage nach dessen Vitalität eindeutig geklärt sein. Voraussetzung für eine Caries Profunda - Behandlung ist die einwandfreie Diagnose einer lebenden Pulpa. Wenn nur der geringste Zweifel am Leben der Pulpa besteht, ist vor dem Aufbringen des Medikamentes auf den Kavitätenboden eine spezielle Vitalitätsprobe Voraussetzung. Die indirekte Überkappung kann nach SCHUG - KÖSTERS (47) nur bei positivem Ausfall der Vitalitätsprüfung endgültig abgeschlossen werden. Darüber hinaus sollten Zähne, bei denen eine Cp-Behandlung durchgeführt worden ist, auch später Nachkontrollen unterzogen werden; bei diesen Nachkontrollen dürfte die Vitalitätsprüfung das wichtigste diagnostische Hilfsmittel darstellen. Bei der direkten Überkappung muß die Vitalität der Pulpa vor dem Auftragen des Medikamentes einwandfrei feststehen. Nach WALKHOF - HESS (55) kann die Reaktion der Pulpa nach 8 - 10 Tagen festgestellt werden, wenn die Behandlung in zwei Sitzungen erfolgt.

Auch in der Folgezeit sind die Vitalitätsprüfungen anläßlich von Kontrollen wünschenswert. Über die Zeitfolge solcher Vitalitätsprüfungen schreibt SCHUG-KOSTERS (47): "Die Kontrollen bestehen in Vitalitätsprüfungen, die zunächst nach einer Woche und in der Folge nach immer größer werdenden Zeitspannen statt-

finden." Diese Nachkontrollen sind deshalb von Bedeutung, um einen Mißerfolg der direkten Überkappung frühzeitig zu diagnostizieren und damit die Möglichkeit zu erhalten, frühzeitig durch anderweitige therapeutische Maßnahmen einzugreifen.

3.2 Weitere mögliche Indikationen für Vitalitätsprüfungen

Auch wenn nach Vitalamputationen aus anatomisch-topografischen Gründen mit einer großen Zahl von Fehldeutungen bei Überprüfung der Sensibilität der Restpulpa im Vergleich zu Zähnen mit vollständig erhaltenem Zahnmark zu rechnen ist, so kann doch keineswegs auf entsprechende Kontrollen vor der definitiven Versorgung des Zahnes und in der Folgezeit verzichtet werden.

Im Rahmen der Methoden der Vitalerhaltung akut erkrankter Pulpen sind die Vitalitätsprüfungen unumgänglich. Hier stellen Vitalitätsprüfungen neben der klinischen Beschwerdefreiheit und dem Röntgenbild das wichtigste klinische Kriterium für einen Erfolg dar.

Im Rahmen einer Differentialdiagnose kann in vielen Fällen die Vitalitätsprüfung die Diagnose sichern. Bei Beschwerden, bedingt durch Pulpitis oder marginale Parodontitis, ist grundsätzlich eine Vitalitätsprüfung indiziert. Durch Vitalitätsprüfung kann schließlich bei ausgedehnter apicaler Ostitis festgestellt werden, inwieweit Nachbarzähne bereits mit in diesen Prozeß einbezogen wurden und Pulpanekrose auf retrogradem Weg eingetreten ist. Dasselbe gilt für ausgedehnte Erkrankungen des Kieferknochens für alle Zähne in unmittelbarer Nachbarschaft.

Im Rahmen einer Herdsanierung stellen Vitalitätsproben eines der wichtigsten diagnostischen Hilfsmittel dar. Die Aufgabe, bei einer Herdsanierung alle chronischen Entzündungsprozesse im Zahn-, Mund- und Kieferbereich und alle pulpentoten Zähne festzustellen, kann nur dann erfüllt werden, wenn ein vollständiger Röntgenstatus angefertigt und bei jenen Zähnen, an denen sich aus dem Röntgenbild kein sicherer Hinweis auf Pul-

pentod erkennen läßt, zusätzlich eine Vitalitätsprobe durchgeführt wird. Das Röntgenbild kann allein niemals einen Beweis für die Vitalität eines Zahnes ergeben. Bei überkronten Zähnen kann hier sogar die Bohrprobe erforderlich werden, da die elektrische Überprüfung infolge Stromableitung nicht anwendbar und mittels extremer Kälte (CO_2-Schnee oder Frigen 12) nicht in allen Fällen ein eindeutiges Ergebnis zu erzielen ist. Wie verläßliche Aussagewerte dieser beiden Methoden bei den überkronten Zähnen zu erhalten sind, werde ich im Rahmen meiner Ausführungen erläutern. Bei dem begründeten Verdacht eines odontogenen Herdgeschehens ist neben der Vitalitätsprüfung eine Röntgenaufnahme eine Mindestanforderung. Die Röntgenuntersuchung ist die logische Fortsetzung und Ergänzung des klinischen Untersuchungsganges (51).

Bei allen akuten Traumatas sind wiederholte Vitalitätsprüfungen unerläßlich und ihr Ergebnis entscheidend für die Therapie (28). Das Absterben der Pulpa im Anschluß an Frakturen und Luxationen der Zähne kann langsam erfolgen. Im Abstand von wenigen Tagen durchgeführte Vitalitätsprüfungen ermöglichen es, rechtzeitig einzugreifen, aber auch andererseits nicht unnötig Pulpen zu opfern.

Dabei muß auch an Schockzustände nach akuter Traumata gedacht werden. Besondere Bedeutung kommt hierbei der Wertigkeit des Sensibilitätstestes und des Röntgenbefundes sowohl direkt nach dem Trauma als auch in der Folgezeit zu. HERFORT verglich für die Beurteilung der Wertigkeit klinischer Kriterien für eine Pulpanekrose Sensibilitätsprüfungen mit CO_2-Schnee, Röntgenbefund und klinische Symptome miteinander. Bei einem Beobachtungszeitraum über ein Jahr stellte er fest, daß der CO_2-Schnee-Test sehr frühzeitig und am häufigsten einen Anhalt für eine Pulpanekrose gibt. Röntgenbefund und klinische Symptome ergeben erst zu einem späteren Zeitpunkt und in einer geringeren Anzahl der Fälle den Beweis für eine Pulpanekrose. Da mit dem CO_2-Schnee-Test jedoch nur die Sensibilität des Pulpagewebes, nicht aber die Vitalität geprüft wird, besteht die Möglichkeit, daß bei erhaltener Vitalität, jedoch unterbrochener

Sensibilität, eine Pulpanekrose vorgetäuscht werden kann. Dies wird besonders für die sogenannte "Schockphase" direkt nach dem Trauma angenommen (24).

Eine weitere Möglichkeit, daß ein negativer CO_2-Schnee-Test eine Pulpanekrose vortäuschen kann, besteht, wenn es infolge der Traumatisierung des Zahnes zu einer überstürzten Hartgewebsbildung (Obliteration) des Pulpagewebes kommt. Auch in diesen Fällen kann die Sensibilitätsprüfung negativ oder zumindest stark verzögert sein.

Auch im Rahmen Chronischer Traumata bei extremer Abkauung, habituellen Usuren, bei keilförmigen Defekten, gibt die Vitalitätsprüfung über den Zustand der Pulpa Aufschluß.

4. Schmerzempfindlichkeit der Pulpa und des Dentins

4.1 Innervation und Schmerzauslösung

Die Möglichkeit der diagnostischen Anwendung von elektrischen und thermischen Reizen zur Bestimmung der Sensibilität der Pulpa beruht auf der Tatsache, daß die zahlreichen peripheren Nerven des Markorgans in direktem Kontakt mit den Odontoblasten sowohl intra- als auch extrapulpär, d.h. im pulpanahen Dentin stehen (Abb.1). Aufgrund elektronenmikroskopischer Untersuchungen von EIFINGER 1968 (11) und FRANK 1968 (15) kann angenommen werden, daß es sich im Kontaktgebiet zwischen Odontoblasten und terminalen Nerven um spezielle Strukturen handelt, die als Neuro-Effektor-Gebiete anzusehen sind. FERNHEAD, 1968 (zit. n. 11) gelangt in seinen lichtmikroskopischen Untersuchungen ebenfalls zu der Auffassung, terminale Axone dringen zumindest bis in das erste Drittel des pulpanahen Dentinmantels vor.

Die bei der Sensibilitätsprobe angewandten, leicht überschwelligen thermischen oder elektrischen Reize werden möglicherweise über die Odontoblasten den ihnen dicht anlagernden sensorischen Nervfasern übermittelt. Die Odontoblastenzelle ist primär als Zelle des Dentins anzusehen, da sie dessen Bau-

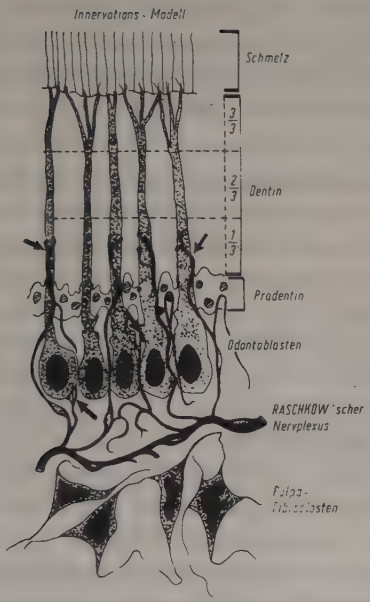


Abb. 96 Innervationsmodell des menschlichen Zahnes, gezeichnet nach letzten elektronenmikroskopischen Befunden.

Abb. 1

Die Mikromorphologie der menschlichen Zahnpulpa

(aus EIFINGER, (11) Abb. 96)

steine synthetisiert und mit ihrem Fortsatz in diesem Gewebe verankert ist. Übt sie darüberhinaus möglicherweise eine Rezeptorfunktion aus, würde dies bedeuten, daß das Dentin innerviert ist (11). Die Untersuchungen geben jedoch keine Auskunft über den tatsächlichen Reizleitungsmechanismus im Dentin und über die Umwandlung der exogenen Reize in informative nervöse Impulse.

Die Energie für die nachfolgende nervöse Erregung stammt jedoch aus der Rezeptorzelle und nicht vom auslösenden Reiz. Die mit dem exogenen Reiz herangeführte Energie kann nämlich in bezug auf die entstehende Erregung sehr klein sein. Da bei der thermischen und elektrischen, wie auch bei der chemischen oder mechanischen Irritation des Dentins ausschließlich die Sensation "Schmerz" empfunden wird, sind die Odontoblasten wahrscheinlich im Gegensatz zu den Rezeptorzellen der Haut ausschließlich mit sogenannten nociceptiven Nervfasern gekoppelt (11). FRIEDRICH (16) äußert sich in ähnlichem Sinne zum gleichen Thema und hält die alleinige Aufgabe der Odontoblasten und ihrer Fortsätze, Dentin zu bilden, für revisionsbedürftig. Es sei anzunehmen, daß sie in das syncytiale System des Terminalretikulums, der sie umschlingenden feinen Nervenfäserchen und der Schwannschen und intersititiellen Elemente eingeschaltet sind und dadurch eine vom neuro-hormonalen System abhängige trophische Funktion besitzen. Gleichzeitig wird auch die starke Schmerzempfindlichkeit des Dentins verständlich. BRÄNNSTRÖM (6) ist der Meinung, daß die Sensibilität des Dentins allein die Folge eines "Hydrodynamischen Transmissionsmechanismus"ist, der durch Veränderungen an den Dentinkanalmündungen oder via Dentinkanalinhalt ausgelöst werden kann. Über die nervöse Endversorgung des Zahnes meint TOYODA (53), daß die vom Nervenstamm abzweigenden sensiblen Fasern zur Pulpaperipherie verlaufen und gleichzeitig Prädentin und Dentin durchdringen. Hier begleiten sie die Odontoblasten in der Dentintubuli. Somit sei das Dentin innerviert aufzufassen und ihre Schmerzhaftigkeit erklärt. BOCK (6) kommt zu folgender Auffassung von der Schmerzempfindung im Dentin: "In der Pulpa sind die Odontoblasten von einem feinen Nervennetz um-

sponnen. Einzelne Fasern treten in diese Zellen ein und reichen bis an den Kern. Hierdurch wird der Odontoblast zu einer Vermittlungsstelle, denn er nimmt die auf das Dentin einwirkenden Reize durch die Tomesschen Fortsätze auf. Sein in der Pulpa liegender Teil übermittelt den Reiz an den in oder an ihm ansetzenden Nerv und erregt diesen. Die Fortleitung des auftretenden Reizes von der sehr empfindlichen Schmelzdentingrenze innerhalb des langgezogenen Odontoblasten bis zum eigentlichen Zellkern muß man sich durch eine monomolekulare Kette vorstellen. Durch dieses System der Reizleitung können alle im Bereich des Dentins auftretenden Schmerzsensationen erklärt werden."

Wir sehen hiermit, daß man sich nicht nur über die nervöse Versorgung des Zahnes noch nicht vollständig im klaren ist, sondern auch über die Art und Weise der Schmerzauslösung. Auf welche Art auch immer wir die Pulpa auf ihre Vitalität prüfen, so muß uns die Schmerzempfindung als alleinige Sinnesqualität des Zahnmarkes ein Bild vom Zustand der Pulpa vermitteln helfen.

MUMFORD (36) hält es für angebracht, bei diesen Versuchen gegenüber den Patienten von Reizwirkung und nicht von Schmerz zu sprechen. Die schwächeren Reizwirkungen wurden von den Patienten auch nicht als Schmerz empfunden.

4.2 Regressive Veränderungen der Pulpa und ihre Sensibilität

Auch die Pulpa des äußerlich intakten Zahnes erfährt in der Regel Veränderungen ihres feingeweblichen Baues, die meistens schon in jungen Jahren in Erscheinung treten. Es handelt sich um regressive Veränderungen, die in Atrophie und Degeneration zum Ausdruck kommen (47). Je jünger ein Individuum, desto mehr markhaltige Nervenfasern sind vorhanden. Die biologische Aktivität des Zahnmarkes äußert sich nicht nur in der Anzahl der Nervfasern, sondern auch in deren histologischer Anordnung, die sich mit dem Alter ändert: Auflockerung der Nervfasern, Abnahme der markhaltigen Faser und Verlust ihrer Gefäßbeziehung (44). Die Atrophie macht sich bei allen Elementen

der Pulpa bemerkbar. Bei der retikulären Atrophie wird die Pulpa nur noch von spärlichen Venen durchzogen, während Arterien und Kapillaren sowie Nervenfasern nur mehr vereinzelt und strukturell verändert zu sehen sind (47).

Die Degeneration macht sich besonders häufig in der Regel zuerst bei den Odontoblasten bemerkbar, die vakuolig entarten. Neben diesen Veränderungen an den Odontoblasten ist es vor allem die kalkige Degeneration, die das Bindegewebe in gleicher Weise wie die Gefäßwände und Nerven befällt. In fortgeschrittenen Fällen ist das Pulpengewebe besonders im Bereich der Wurzel übersät von amorphen Kalkeinlagerungen, die zum Teil am Rand des Wurzelkanals an das Dentin angebaut werden und die Verkleinerung des Kanallumens bedingen.

Als eine besondere Form der kalkigen Degeneration kommen die falschen Dentikel vor. Die hochstehenden Dentikel werden von Odontoblasten gebildet, während niedrig stehende Dentikel Produkte der fibrillären Bindegewebswucherung und nachfolgender Verkalkung sind. Die zweite Art kommt meistens gehäuft vor und nimmt oft einen großen Teil des Pulpenraumes ein. Die wichtigste Lokalisation sind die Kronenpulpa und die Kanaleingänge, die durch derartige Hartgebilde oft eine starke Verengung oder weitgehende Obliteration erfahren. Da die Wurzelpulpa besonders zu verkalkender und hyaliner Degeneration neigt, findet die Tatsache eine Erklärung, daß in der Wurzelpulpa die Odontoblasten sehr bald und in ausgedehntem Maße der Atrophie und Degeneration unterliegen und daß an den Kanalwandungen dem irregulären Dentin mehr oder weniger breite Säume von amorphen Kalkmassen aufgelagert sind.

Das Dentin, das über die Tomes'schen Fasern bzw. Dentinkanälchen mit ihrem Dentinliquor angeschlossen ist, wird von der Pulpa ernährt (47). Durch die außerordentlich reiche nervöse Versorgung ist die Pulpa ein höchst empfindliches Organ, das jeden Reiz - mechanischer, thermischer, osmotischer, chemischer Art - als Schmerz zum Bewußtsein kommen läßt. Sie kann also auch als Warnorgan bezeichnet werden. Die Abhängigkeit der Schmerzintensität von der Temperatur, der Durchblutung

und dem chemischen Zustand der gereizten Stelle beweist die engen Wechselbeziehungen zwischen Nerven und Gefäßen. Die sensible Reaktionsfähigkeit der Pulpa ist jedoch nicht auf das Vorhandensein eines lückenlosen Odontoblastensaumes und normalen Parenchyms angewiesen. Für die Funktion der Pulpa dürfen daher die genannten Veränderungen nicht ohne weiteres als pathologisch gewertet werden, denn die volle Sensibilität kann dabei bestehen bleiben.

Je nach Art des schmerzauslösenden Faktors ist auch die Qualität der Schmerzempfindung etwas verschieden (44).

5. Kritische Betrachtung der Pulpadiagnose durch die Vitalitätsprüfung

Der negative Ausfall der Sensibilitätsprüfungen deutet auf eine Unempfindlichkeit gegenüber den verfügbaren Reizprovokationen hin, und dieser Zustand ist mit einer Nekrotisierung der Pulpa nicht immer identisch. So kann das Reizleitungssystem eines oder mehrerer Zähne im Bereich raumfordernder Prozesse, wie z.B. bei Zysten oder gutartigen Tumoren, ferner im Ablauf einer generalisierten Osteomyelitis zunehmend an Erregbarkeit verlieren und schließlich überhaupt nicht mehr ansprechbar sein, um postoperativ bzw. nach Ausheilung allmählich wieder in Erscheinung zu treten. Auch entfernt liegende abrupte Unterbrechungen nervöser Bahnen, wie bei traumatischer Genese bei Kieferbrüchen oder Kieferhöhlenoperationen, scheinen die nutritive Versorgung nicht ernstlich zu gefährden. Demnach braucht also die Lebensfähigkeit der Pulpa durch temporäre oder sogar permanente Innervationsstörungen keinen dauernden Schaden zu erleiden.

Auf den trauamtischen Schockzustand habe ich schon hingewiesen. Daher ist es zu empfehlen, die Resultate der Prüfungen nur im Zusammenhang mit anamnestischen und klinischen Merkmalen zu bewerten.

Da die Diagnose der Pulpenkrankheiten auf subjektiven Symptomen

beruht, erscheint auch die Frage berechtigt, ob und wieweit eine solche Diagnose zuverlässig ist. Um diese Frage zu beantworten, kontrollierte GRETH (zit. 47) die klinische Diagnose an einer großen Zahl von extrahierten Zähnen, durch die histologischen Untersuchungen. Dabei stellte er fest, daß alle klinischen Symptome der Pulpitis bei den verschiedensten histologischen Krankheitsbildern, ja sogar bei normaler Pulpa vorkommen können und umgekehrt. Pulpen mit nachweisbar pathologischen Veränderungen weisen überhaupt keine Beschwerden oder nur geringfügige auf. Die Untersuchungen von RING (zit. 47) bestätigten weitgehend die Auffassung mit der Einschränkung, daß die Diskrepanz zwischen klinischer und histologischer Diagnose nicht so groß ist wie von GRETH angegeben. Nach HARNDT (20) braucht die klinische Diagnose nur soweit sicher differenziert zu werden, daß sich aus ihr der bestmögliche Behandlungsweg ergibt. In seinen Untersuchungen stellte er, entsprechend den in den einzelnen Lehrbüchern angegebenen Symptomen, die Diagnosen auf. Diese Untersuchungen ergaben in allgemeiner Übereinstimmung mit den Ergebnissen von GRETH, daß die verschieden gestellten Pulpitisdiagnosen nicht immer mit den Befunden an den Gewebsschnitten übereinstimmen.

In keinem der untersuchten Fälle ergab sich aber in bezug auf die allgemeine Diagnose "Pulpenerkrankung" eine Fehldeutung. Auch die Vitalität und der Tod der Pulpa ließen sich zuverlässig auf die geschilderte Art abtrennen.

Somit kommt HARNDT zu folgendem vereinfachten Schema der Pulpen-Diagnostik

I. Gesunde Pulpa

II. Tote Pulpa

III. Erkrankte Pulpa

A. Pulpitis acuta
   a) coronalis
   b) radicularis

B. Pulpitis chronica aperta
   a) ulcerosa
   b) granulomatosa.

Es wird also bei der akuten Pulpitis nur zwischen coronalis und radicularis unterschieden. Die Zweckmäßigkeit dieser einen Differential-Diagnose sieht HARNDT in der Tatsache, daß in 80% der von ihm untersuchten Fälle mit axialer Klopfempfindlichkeit die Diagnose Pulpitis radicularis auch im histologischen Bild nachweisbar war. Er weist darauf hin, daß eine Aufteilung des verschiedenen exsudativen Entzündungsverlaufes in Pulpitis serosa und Pulpitis purulenta am Patienten nicht mit ausreichender Sicherheit gelingt, andererseits ein kritisch erhobener Perkussionsbefund einen gewissen Anhalt für die Ausbreitung der Entzündung gibt. Zu der Frage der Ausbreitung der Bakterien meint er, daß sie immer innerhalb des eitrig entzündeten Pulpengebietes liegt und die entzündlichen Veränderungen der Pulpa stets ein Stück weiter apikalwärts vorgedrungen sind, als der Ausbreitung der Bakterien entspricht. Im gleichen Sinne äußert sich auch HARNDT (21). Er meint auch, daß die pathologischen Formen der Pulpaerkrankungen auf die klinische Diagnose nicht übertragbar sind. Ihre Kenntnis ist aber die Voraussetzung für das Verständnis der klinischen Diagnose und die daraus folgenden therapeutischen Konsequenzen.

Er schreibt, daß alle klinischen Untersuchungsverfahren, deren Ergebnisse auf bestimmten Aussagen des Patienten beruhen, subjektiv und dadurch unzuverlässig sind. Bei der Sensibilitätsprobe fordert er deshalb den Vergleich eines getesteten Zahnes mit gesunden Nachbarn oder symmetrischen Zähnen des gleichen und des Gegenkiefers.

POLLMANN und HILDEBRANDT machten Versuche mit dem Kältetest über die suggestive Steuerbarkeit der Schmerzschwelle an gesunden Zähnen. Sie untersuchten die Veränderungen der Schmerzempfindlichkeit nach Plazebogaben mit verschiedenen Deklarationen. Es fanden sich jeweils unterschiedliche, signifikante Veränderungen nach der Placebogabe, wenn diese als analgeticum, als schmerzsteigerndes Mittel oder als schmerzindifferentes Mittel deklariert wurde.

Auch die Tageszeit beeinflußte die Ergebnisse. Sie meinen, daß die Schmerzen auch durch intentionale Vorgänge (z.B. Ablen-

kung) beeinflußt werden können.

Nach Auffassung von VANMOSUCNEK (54) verschlimmert die Schwangerschaft nicht nur eine schon vorhandene Gingivitis, sondern verändert auch die Zustände des Mundes und der Zähne, und ruft einen der Hyperämie ähnlichen Zustand hervor. Dadurch reagieren die Zähne viel leichter und schmerzhafter auf thermische Reize.

II. Methoden der Vitalitätsprüfung in der Literatur

1. Physiologische Temperaturverhältnisse an den Zahnoberflächen

Mit den Temperaturmessungen an Zähnen beschäftigte sich HERRMANN (25). Er versuchte festzustellen, ob mit Hilfe der Oberflächentemperaturmessung der Zähne eine Verbesserung der klinischen Untersuchungsmethoden bei Pulpitiden möglich ist. Da die Thermometrie der Zähne mit Thermoelement noch nie erprobt und angewendet war, mußte er zahlreiche Messungen machen, um die Zahntemperaturen bei gesunden Verhältnissen zu überprüfen. Er kam zu dem Endergebnis: Am einzelnen Zahn sinkt die Temperatur vom Zahnhals zu den Höckern, sie steigt von den Frontzähnen zu den Molaren. Im Unterliefer zeigen die Zähne durchschnittlich einige Zehntel Grad höhere Temperatur als im Oberkiefer. Die zahlreichen Temperaturuntersuchungen am vitalen, am devitalen und am pulpitischen Zahn ließen den Schluß zu, daß der Zahn in erster Linie seine Wärme von der Nachbarschaft durch Wärmeleitung beziehe und am wenigsten durch die Pulpa. Die Methode der Zahntemperaturmessung ließe sich daher für die Vitalitäts- und Pulpitisdiagnose nicht auswerten. Die Oberflächentemperatur ändere sich nur bei allgemeiner Veränderung der Körpertemperatur, die Durchschnittswerte der Zahntemperatur liegen nach Angaben von HERRMANN zwischen 31° und 34° C.

Die Messungen von RIETHE (42) stimmen weitgehend mit den Ergebnissen von HERRMANN überein. Er schreibt, daß die Messungen des Front- und Eckzahnbereiches niedere Temperaturen, Prämolaren und Molarenbereich höhere Temperaturwerte ergeben. Diese Temperaturdifferenzen finden ihre Erklärung einmal in der von den Frontzähnen zu den Molaren zunehmenden Größe der Zahnsubstanzen, zum anderen aber, daß Incisivi und Canini einer Abkühlung durch die Mundhöhle unterliegen, Prä- und Molaren aber durch die Wärmeleitung gemäß den thermischen Umweltbedingungen, höhere Temperaturwerte erreichen. Die höheren Temperaturen der Unterkieferzähne lassen sich durch den Schutz erklären, den die Unterlippen besonders den Frontzähnen bieten, ferner Speichelwirkung und Zungennähe sowie die Schleimhautoberfläche beider Wangen. RIETHE stellt auch fest, daß die Temperatur am vitalen Zahn vom Zahnhals zu den Höckern sinkt, während Zahnfissuren höhere Temperaturen anzeigen.

2. Temperaturleitverhältnisse in den Zahnhartgeweben

Wie oben beschrieben, wurden stets nur die äußeren Temperaturen, nicht aber die tatsächlichen Temperaturenverläufe im Inneren des Zahnes berücksichtigt.

Mit der Frage der Temperaturbewegungen im Zahn haben sich HENSEL und MANN beschäftigt. Die Kenntnis der thermischen Vorgänge im Zahne bei tiefreichenden, stark temperaturleitenden Füllungen wären wesentlich. Man könnte auch die Methode einer exakten Temperaturreizung vielleicht zu einer Sensibilitäts- und Vitalitätsprüfung der Pulpa ausbauen (23). Da die Zahnsubstanz ein verhältnismäßig schlechter Wärmeleiter ist, müßte man erwarten, daß das Temperaturfeld im Zahn erheblich von der äußeren Reiztemperatur abweicht und stark von der Art der äußeren Wärmeübertragung abhängt (Flächengröße, Güte des Kontaktes usw.). Für eine exakte Analyse der Reizbedingungen des Temperaturschmerzes machten sich HENSEL und MANN die Aufgabe, die Temperaturleitung im Zahn bei definierten und reproduzierbaren Temperaturreizen zu untersuchen und die Ergebnisse

mit den auftretenden Schmerzempfindungen in Beziehung zu setzen. Die Versuche zeigten, daß die erste Schmerzempfindung schon auftritt, wenn die Innentemperatur des Zahnes noch weit von der äußeren Reiztemperatur entfernt ist. Wenn man den Temperaturverlauf an der Schmelz-Dentingrenze zugrunde lege, ergeben sich für die Schmerzschwelle nur Temperaturen von + 11,7 bzw. - 9,6°. Für die tieferen Teile des Zahnes sind die Temperaturänderungen noch wesentlich kleiner. In der Pulpa erreichen sie dabei nur + 0,6° ± 0,19 bzw. - 0,2° ± 0,07. Es ist dann unwahrscheinlich, daß diese geringen Temperaturveränderungen Schmerzen verursachen. Andererseits erreicht die Pulpa bei Versuchen mit 40° Reiztemperatur nach 2 Minuten eine Temperaturerhöhung von 2,4°, ohne daß eine Schmerzempfindung auftritt. Hieraus läßt sich schließen, daß bei äußeren Temperaturreizen die erste Schmerzempfindung nicht erst in der Pulpa, sondern bereits im Dentin ausgelöst wird (23). Anders liegen die Verhältnisse bei langer Einwirkung mit überschwelligen Temperaturen. Das Auftreten von Schmerzen, die auf die benachbarten Zähne und Gesichtspartien ausstrahlen und eine leichte Perkussionsempfindlichkeit sprechen für eine Beteiligung der Pulpa. Tatsächlich werden dabei im Pulparaum auch Werte von 48,9° und 24,6°, also die zur Schmerzauslösung offenbar erforderlichen Temperaturen erreicht. Es ist somit anzunehmen, daß bei längeren Temperaturreizen zur Reaktion des Dentins eine solche der Pulpa hinzukommt. Dem schließen sich PILZ und GÄNGLAR (38) an. Bei ihren Untersuchungen traten eindeutige Schmerzempfindungen auf Hitzereize erst bei + 80°C auf. Sie sind für die Probanden unangenehm. Die Reizantwort und ihre Intensität sind jedoch vom Applikationsort und von der Reizzeit abhängig. Nach ihrer Meinung besitzt das Dentin unter den Zahnhartgeweben die größte Wärmeleitfähigkeit und den geringsten elektrischen Widerstand. Sie stellten auch fest, daß Schmelz ein schlechter Wärmeleiter ist.

3. Forderungen, die an ein Prüfungsverfahren gestellt werden

Methoden zu einer Vitalitätsprüfung müssen folgende Forderungen erfüllen:

1. Die Prüfung muß ohne Schaden für die Pulpa bzw. den Zahn und das umgebende Gewebe verlaufen.
2. Das Verfahren muß ausschließlich die Pulpareaktion prüfen und eine irreführende Reaktion von seiten des Parodontiums vermeiden.
3. Die Reizapplikation muß dem Patienten weitgehend zumutbar sein.
4. Der technische, apparative und zeitliche Aufwand muß in der für die zahnärztliche Praxis tragbaren Ganzen liegen.

4. Objektive Prüfungsmethoden

Unter objektiven Prüfungsmethoden verstehen wir physikalische Methoden oder Behelfe, die eine Beurteilung des Pulpazustandes ermöglichen sollen (19).

Eine große Anzahl von Verfahren wurde im Laufe der Zeit angegeben, die zum großen Teil nur noch historischen Wert besitzen. Die Unzulänglichkeit und Problematik dieser diagnostischen Hilfsmittel sind teils in technischen Schwierigkeiten, vor allem jedoch in dem subjektiven Faktor begründet. Verschiedene Patienten sprechen auf denselben Reiz unterschiedlich an. Auch ein einzelner wird auf gleiche Reize nicht immer gleich reagieren; dazu kommt, daß der Patient nicht immer zwischen Reaktion der Pulpa oder des Parodonts unterscheiden kann. Aus dem Grunde sollte man bei allen Untersuchungen die Beurteilung nicht auf den verdächtigen Zahn beschränken, sondern es muß stets ein gesunder Homologe oder ein anderer vergleichbarer gesunder Zahn als Bezugswert mitgeprüft werden.

Drei verschiedenartige objektive Prüfungsmethoden stehen in der zahnärztlichen Praxis als wichtige Hilfsmittel für die Pulpadiagnostik zur Verfügung (19).

1. Diaphanoskopie; die Beurteilung der Verfärbung und Transluzenz der Zähne,
2. die Perkussionsprobe,
3. die Sensibilitätsprüfungen
   a) mit Hilfe elektrischer Reize
   b) mit Hilfe thermischer Reize.

a) Die Beurteilung der Verfärbung und Transluzenz der Zähne

Pulpatote und gangränöse Zähne weisen gegenüber vitalen, gesunden Zähnen meist eine dunklere und trübe Färbung der Zahnhartgewebe auf. Die Transparenz des Schmelzes ist im Vergleich zu intakten Zähnen in der Regel geringer. Beides ist durch Ablagerung und Diffusion von Abbauprodukten der zerfallenen Pulpa in die Zahnhartgewebe zu erklären. Die Beurteilung des Pulpazustandes nach Verfärbung und Transluzenz des betreffenden Zahnes und im Vergleich zu seinem Homologen, kann häufig die Diagnose "marktoter Zahn" bzw. "Gangrän" erhärten. Differentialdiagnostisch müssen gefärbte Zahnbeläge und solche Verfärbungen auszuschalten sein, die ihre Ursache in verwendeten Füllungsmaterialien, in Wurzelfüllmaterialien und in Medikamenten haben.

Kritik: Das Fehlen verfärbter Zahnhartsubstanz beweist nicht das Vorliegen eines gesunden Zahnmarkes.

b) Perkussionsprobe

Primär gibt die Perkussionsprobe einen Anhalt über die Verhältnisse im apikalen Parodontium. Sie ist ein besonders wichtiges Hilfsmittel für die Pulpadiagnostik, obwohl sie nur indirekt über den Zustand der Pulpa aussagt (19).

Ein starker Schmerz beim Perkutieren eines Zahnes in axialer

ıchtung deutet auf einen akuten apikalen Entzündungsprozeß nin, also indirekt auf eine radikuläre Pulpitis oder auf eine akut exacerbierte chronische apikale Parodontitis nach Gangrän der Pulpa. Bei coronalen Pulpitiden ergibt die Perkussionsprobe stets ein negatives Resultat. Bei Erkrankungen des marginalen Zahnapparates kann auch eine positive Perkussion auftreten. Sie ist eine differentialdiagnostisch wichtige Tatsache. Dies ist insbesondere bei parodontalen Abszessen der Fall, aber auch als Folge marginaler Reize. Bei funktioneller Überbelastung eines Zahnes wird ebenfalls nicht selten die Perkussionsprobe positiv ausfallen. Positive Perkussionsempfindlichkeit mehrerer Zähne im Oberkiefer könnte als Folge einer Sinusitis maxillaris gewertet werden. In diesem Zusammenhang wäre noch zu erwähnen, daß die marktoten Zähne gegenüber vitalen dumpferen, sonoren Klopfschall aufweisen.

Kritik: Schmerzlosigkeit beweist nicht unbedingt gesunde Pulpaverhältnisse. Subjektive Täuschungsmöglichkeit ist groß.

c) Sensibilitätsprüfungen

Wie beschrieben, werden diese Prüfungen dadurch möglich, daß in der Pulpa vorhandene Nervenendigungen auf physikalische Reize eher und intensiver ansprechen als die Nerven des Parodontiums. Es werden dabei elektrische oder thermische (Wärme - Kälte) Reize verwendet.

c - 1) Elektrische Sensibilitätsprüfungen

Die relativ große Empfindlichkeit der Pulpa auf elektrische Reize regte schon früh zur Nutzung dieser Eigenschaften an. Die verschiedenen elektrischen Prinzipien wurden zur Sensibilitätsprüfung herangezogen. Als Hauptproblem ergibt sich dabei die Überwindung des von mancherlei Faktoren abhängigen Widerstandes seitens der Hartgewebe ohne reaktionsmäßige Beeinflussung des Periodonts.

c - 1.1 Galvanische Ströme

Anfangs wurde die galvanische Methode durch allmählich gesteigerte unterbrochene oder auch kontinuierliche Gleichströme versucht.

Das Verfahren ist etwas umständlich, erfordert genaue Geräte und benötigt, besonders bei kontinuierlichem Gleichstrom, große Stromstärken, die sich bei versehentlich gingivalem Kontakt ungünstig auswirken. Es ist abhängig von der korrekten Apparatschaltung einer richtigen Polwahl. Eine unangenehme Begleiterscheinung ist das Einschleichen des Stromes in den Zahn. Dies führt zu überhöhten Stromstärken und kann bei unsachgemäßer Handhabung heftige Schmerzen auslösen. Sorgfältiges Trokkenlegen und Isolieren der Zähne sind unumgänglich. Das Anlegen zweipoliger Elektroden erwies sich auch nicht als vorteilhaft.

c - 1.2 Niederfrequente Wechselströme

Anfangs des Jahres 1902 machte SCHRÖDER (46) auf den Induktionsstrom aufmerksam. Er schrieb schon damals, daß während tote Zähne auf den Induktionsstrom nicht reagieren, die Zähne mit entzündeter Pulpa dagegen viel empfindlicher sind. Er meinte sogar, daß die Abarten der Pulpitis sich dadurch differenzieren lassen. Dies wurde später von HESSE (26) bestätigt.

In neuerer Zeit haben sich STIEGLER (45, 50) und LANGENEGGER (30) mit dem Problem der elektrischen Sensibilitätsprüfung der Pulpa eingehend beschäftigt und das Dentotest-Gerät entwickelt. Das Prinzip dieses Gerätes besteht darin, daß der Maximalstrom weit unterhalb der Reizschwelle des Parodontiums liegt, die etwa 250 Mikroampère beträgt, während die Pulpa bei 40 bis höchstens 60 Mikroampère reagiert. Es wird dabei als Reizstrom niederfrequenter, sinusförmiger Wechselstrom mit 50 Hz Netzfrequenz angewandt.

Die Herstellungskosten sind zudem sehr gering. Nach STIEGLER kommt es bei diesen Wechselströmen nicht auf deren Kurvenform an, das heißt, es können sinusförmige, faradische und

exponentiale sein, solange sie einen begrenzten Frequenzbereich nicht überschreiten, also niederfrequent bleiben. Nach seinen Untersuchungen weisen die gewöhnlichen Pulpentester fehlerhafte Dimensionierung der von ihnen gelieferten Stromwerte, unzuverlässige, nicht kontinuierliche Stromeinspeisung auf. Die sich dadurch ergebenden Folgen sind unzureichende Reizleistung und unerwünschte Stromableitungen über Füllungen und Speichel. Infolge der dabei eintretenden Widerstandsminderung kann es zu einem Stromanstieg kommen, der zur Überschreitung der parodontalen Reizschwelle führt und damit zu unspezifischen Schmerzsymptomen Anlaß gibt.

Das von STIEGLER entwickelte Dentotest-Gerät besitzt eine bestimmte Strom-Last-Charakteristik, um damit die Gefahr täuschender unspezifischer Reize im Periodontium auszuschalten.

Die zu prüfenden Zähne müssen sauber und trocken sein. Die Elektrode sollte auf der Zahnoberfläche hin- und hergeführt werden.
Die Reizempfindlichkeit nimmt von den Incisivi zu den Molaren hin ab. Die benötigte Stromstärke kann gewisse Anhaltspunkte über den Zustand der geprüften Pulpa geben (9).

Fehlermöglichkeiten bei allen elektrischen Prüfungen sind dadurch gegeben, daß auch bei Gangrän Reaktionen auftreten können, die dann zu einer Fehldiagnose führen können. Diese Erscheinung läßt sich mit der elektrischen Leitfähigkeit des gangränösen Wurzelkanalinhaltes erklären. Um dieses Risiko weitgehend zu reduzieren, sollten in Zweifelsfällen Kälteprüfungen, etwa mit Kohlensäureschnee, und die Prüfung mit elektrischen Reizen kombiniert werden. Nach LANGENEGGER (30) besteht das Prinzip in einer Bemessung der Stromquantitäten nach reizphysiologischen Gesichtspunkten, indem durch entsprechende Schaltung eine exakte Reiztrennschärfe zwischen Pulpa und Periodont ermöglicht wird.

Eine Schädigung der Pulpa durch wiederholte Reizprüfung soll dabei nicht zu befürchten sein.

Die überkronten Zähne können mit diesen Geräten nicht nach

ihrer Sensibilität geprüft werden, denn die Krone bildet eine völlige elektrische Abschirmung des Zahnes und zugleich einen massiven Nebenschluß mit der Gingiva. Andererseits sei die Diagnose von Restpulpen auch in Fällen möglich, wo mit CO_2-Schnee keine Reaktion mehr erzielt werden könne (30).

c - 1.3 Hochfrequente Wechselströme

Einen gewissen Fortschritt im Sinne der Vereinfachung und Erfolgssicherheit brachte die von BORSCHKE und WOLF (5) ausgearbeitete Prüfung mit Hochfrequentströmen alter Art (d'Arsonval-Ströme), weil dabei der Schmelz durch Kondensatorwirkung übersprungen wird und die kurzfristige Applikation keine periodontalen Symptome aufkommen läßt. Als Reiz selbst kommen die faradische Wirkung der durch Pausen getrennten Schwingungsgruppen und die sich entwickelnde, wenn auch bei den kurzen Stromstößen sehr geringe Joulsche Wärme in Betracht. Es ist weiter von Vorteil, daß sich bei diesen d'Arsonval-Apparaten ein eigenes Meßgerät erübrigt, denn selbst die größtmögliche empirisch gewählte Stärke löst nur an Zähnen mit lebendem Mark Empfindung aus (5). Ein besonderer Vorzug ist schließlich, daß die Leitverhältnisse der Hochfrequenzströme fallweise sogar die Untersuchung überkronter Zähne ermöglichen, doch kann von einer unbedingten Verläßlichkeit und einer allgemeinen Brauchbarkeit nicht gesprochen werden (22). Die gegenteilige Auffassung vertreten BORSCHKE und WOLF (5). Sie meinen, daß alle Störungen, die die elektrische Zahnuntersuchung erschweren, wie Schmelzwiderstand, Ableitung der Ströme durch Feuchtigkeit, Metallfüllungen oder Kronen, für die Hochfrequenzprüfung in wesentlich geringerem Maße in Betracht kommen, so daß das Anwendungsgebiet der elektrischen Zahnuntersuchung bedeutend erweitert und die Methode vereinfacht würde. Demgegenüber wissen viele Autoren (9, 30, 43, 50) über verschiedene Nachteile zu berichten: Dem Skin-Effekt folgend, bevorzugen Hochfrequenzströme die Leiteroberfläche.Diese Eigenschaft führt im Zahn zu einer unvorteilhaften Stromverteilung. Die verwendeten hohen Spannungen können recht gefährlich werden und zu Funkenwurf Anlaß geben. Überkronte Zähne ließen sich nicht mit Gewißheit prüfen.

Trockenlegen ist in vielen Fällen unumgänglich. Psychisch bedingte, durch die unangenehmen Begleitgeräusche und auf den Nachbarzahn überspringende Funken hervorgerufene Falschangaben sind nicht ausgeschlossen.

c-1.4 Chronaxiemessung

Die Chronaxie nach WEBER und WERZ (56, 57, 58, 59) bestimmt nicht die Reizintensität, sondern das Zeitmaß der Reizleitung. Die Chronaxie ist also eine Zeitspanne, während welcher ein Strom von der doppelten Schwellenintensität fließen muß, um zu erregen. Chronaxie stellt eine Organkonstante dar, wie z.B. die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregungswelle für einen bestimmten Nerv immer die gleiche ist. Veränderungen der Chronaxie werden nur dann beobachtet, wenn der biologische Zustand des Organs durch physikalische, pharmakologische oder pathologische Einwirkungen verändert wird. Es ist daher möglich, die Chronaxiemessung zu diagnostischen Zwecken heranzuziehen. In der Neurologie erlaubt sie den Funktionszustand der Nerven auf das genaueste zu verfolgen. WEBER und WERZ haben Chronoxiemessung auch für die Zahnheilkunde eingeführt. Dabei wird bestimmt, ob die Schnelligkeit der Reizleitung verkürzt oder verlängert ist. Aufgrund der Resultate kamen sie für klinische Zwecke zu dem Ergebnis, die Pulpitis nicht mehr nach der Art der Schmerzen zu beurteilen, sondern als Mittel zur Diagnostik die Änderung der Erregungsgeschwindigkeit der Reizleitung zu verwenden. Aufgrund parallel geführter histologischer Untersuchungen identifizieren sie

1. verkürzte Chronaxie mit Reizung der Nerven im Sinne der Neuritis ohne wesentliche Zerfallserscheinungen im Achsenzylinder; histologisch der Pulpitis serosa entsprechend.
2. Verlängerte Chronaxie mit mehr oder weniger weitgehender Degeneration der Achsenzylinder; histologisch der Entwicklungsreihe der Pulpitis purulenta gleichend.

Bei der Hyperämie der Pulpa tritt keine Änderung der Chronaxie ein. Es kommt vor, daß bei bestehenden Schmerzen die Chronaxie

nicht bestimmbar ist. Der Grund dafür liegt darin, daß infolge der Einschmelzung die Pulpanerven völlig zugrunde gegangen sind Es handelt sich dabei um totale eitrige Pulpitis. Die Chronaxie hat noch den Vorteil, auch die Zwischenstadien zwischen seröser und eitriger Pulpitis zu erkennen (56). Die Chronaxie der schmerzempfindenden Nervenendigungen im Zahnbein wird mittels rhythmischer Kondensatorentladungen bestimmt.

WERZ (59) schreibt in seinem Bericht, daß die funktionelle Geschwindigkeit dieser Elemente recht genau mit derjenigen der sensiblen Hautnerven übereinstimme. Dies wäre im Zusammenhang mit dem Nachweis echter Nervenendigungen im Dentin interessant.

Das Verfahren setzt Kenntnisse der Elektrophysiologie und eine entsprechende Apparatur voraus und hat darum für die praktische Nutzanwendung keine Verbreitung gefunden. Außerdem scheint es gleichfalls für routinemäßige Untersuchungen der feingeweblichen Veränderungen des Zahnmarkorganes zu kompliziert und unsicher zu sein (9).

c - 2) Thermische Sensibilitätsprüfungen

c - 2.1 durch Wärmeanwendung

Es wird dabei heißes Guttapercha oder ein heißes Kugelstopfinstrument gebraucht. Es ist aber nicht möglich, die Temperatur konstant einzustellen. Demnach kann auch die Reaktionszeit keinen sicheren Hinweis für den Zustand der Pulpa liefern. Das 75° - 80° heiße, klebende Guttapercha muß vom Zahn schnell entfernt werden, damit der Pulpa kein dauernder Schaden zugefügt wird. Aus Unsicherheitsgründen fand diese Methode keine Ausbreitung.

c - 2.2 Durch Kälteanwendung

c - 2.2.1 Thermometrie von WALKHOFF

Sie beruht auf der unterschiedlichen Empfindung der gesunden und kranken Pulpa gegenüber Temperaturreizen. Das schmerzfreie Intervall für die gesunde Pulpa liegt nach WALKHOFF (55)

zwischen 18°C und 48° - 50°C. Dieses Intervall wird bei der erkrankten Pulpa entsprechend den einzelnen Krankheitsgraden eingeengt. Erfahrungsgemäß spricht eine eitrig erkrankte Pulpa auf Wärmeeinwirkung mit intensivem Schmerzreiz an. Über die geringe Genauigkeit dieses Verfahrens zur feineren Pulpendiagnose hat GRETH (zit. nach 9) berichtet; danach sei der Wärmeschmerz kein typisches Merkmal für eine purulente Erkrankung. Er kann vielmehr bei vielen Erkrankungsformen der Pulpa auftreten, sogar bei einer normalen Pulpa.

Bei diesem Verfahren muß die Kälte bzw. Wärme des Wassers bis in das Dentin eindringen. Diese Empfindlichkeit tritt auf: erstens, wenn der Zahnhals entblößt ist und zweitens, wenn der Schmelz entfernt ist. Dies kann artifiziell oder durch Caries bedingt sein. Liegt also ein entblößtes Zahnbein vor, so genügt meist der Reiz des kalten Wassers, um einen Schmerz auszulösen. Liegt kein Dentin frei, muß man zu kälteren Mitteln greifen.

Dieser Methode haften so viele Unsicherheitsfaktoren an, daß sie in der Praxis keinen Eingang fand.

c - 2.2.2 Applizierung von Chloräthyl

Chloräthyl kommt flüssig in 100 g - Glaszylinderflaschen in den Handel. Es wird auf ein Wattebäuschchen getropft, mit dem die Zahnkrone an verschiedenen Stellen berührt wird. Dabei werden solche Stellen bevorzugt, die der Pulpa relativ nahe sind bzw. nicht durch eine besonders dicke Schmelzschicht von der Pulpa getrennt sind: die Abrasionsfläche eines Schneide- oder Backenzahnes, die Innenfläche einer Kavität, ein freiliegender Zahnhals. Chloräthyldämpfe und Luft bilden eine explosive Mischung, deshalb sollte eine sachgemäße Handhabung gefordert werden. Die von MAYER und HEPPE (35) durchgeführten Temperaturmessungen ergaben folgendes: Eine Siedetemperatur von ca. + 5°C und an der Oberfläche der gesättigten Wattepellets Werte von ca. - 6°C. In der Endphase der Verdunstung sank diese Temperatur kurzzeitig bis auf - 10°C. Die Kälteprüfung mit Chloräthyl kann in einfachen Fällen zu Ergebnissen führen. Es können je-

doch Reize auf Nachbarzähne und Gingiva nur schlecht ausgeschal tet werden. Darüberhinaus reicht die Kälte des verdampfenden Chloräthyls nicht aus, um bei Zähnen mit einer verminderten Vitalität der Pulpa einen überschwelligen Reiz auszulösen.

c - 2.2.3 Kohlensäureschnee

Als allen bisher in der Praxis allgemein gebräuchlichen Verfahren überlegen hätte sich die in der Klinik seit Jahren angewendete Vitalitätsprobe mit Kohlensäureschnee erwiesen (BÜCHS 8). Dieser wurde 1936 von BACK (3) zur Pulpendiagnostik in die Zahnheilkunde erstmalig eingeführt.

Flüssige Kohlensäure ist in Stahlflaschen mit 10 kg Inhalt im Handel erhältlich. Sie wird hauptsächlich in der Gefriermittel- und Getränkeindustrie gebraucht. Kohlensäureschnee erhält man aus flüssiger Kohlensäure aus den Stahlflaschen, die aus Sicherheitsgründen nicht ganz gefüllt sind. Sie müssen daher entweder mit dem Kopf nach unten stehen oder ein Steigrohr enthalten. Durch eine ganz feine Düse kann die flüssige Kohlensäure entweichen. Bei 20°C steht Kohlensäure unter einem Druck von 60 atü. Bei 30°C beträgt der Druck in der Stahlflasche bereits 90 atü und erreicht bei 50°C 190 atü. Bei der Entspannung auf atmosphärischen Druck verdampft die ausströmende Kohlensäure zum Teil sofort an der Luft. Es entsteht dabei die Verdunstungskälte, die so groß ist, daß der übrige Teil der flüssigen Kohlensäure zu Schnee erstarrt. Dieser Schnee hat eine Temperatur von -78°C und verdampft an der Luft, ohne vorher zu schmelzen. Das Problem, den Schnee in einem geeigneten Behälter aufzufangen und in Form einer Schneestange an die Zähne zu bringen, wurde von BACK und POHL (3) gelöst. Neuerdings hat die Firma Fricar (Schweiz) zur Gewinnung und Anwendung des Kohlensäureschnees einen Apparat gebaut, der sich an die übliche Kohlensäureflasche anschließen läßt und es ermöglicht, den Schnee in einer für die Applikation günstigen Stiftform herzustellen. Der Vorteil gegenüber dem elektrischen Prüfverfahren besteht in der Anwendbarkeit auch bei überkronten Zähnen.

Homogen, kompakt gestopft, genügt eine Kohlensäureschneestange bei richtiger Handhabung für einen gesamten Vitalitätsstatus aus.

Bei negativem Ausfall der Vitalitätsprobe mit dem Kohlensäureschnee ist allerdings die Vitalität der Pulpa nicht mit absoluter Sicherheit auszuschließen, da eine dicke Zementschicht bei Kronen oder eine stark wurzelwärts eingeengte Pulpa eine Reaktion verhindern könnte (47).

Herunterfallende Schneestückchen verursachen keine Verätzungen der Mundschleimhaut oder der Haut, da sich sofort eine isolierende Dampfschicht bildet (Leidenfrost'sches Phänomen), weshalb auch die Applikation am Zahn unter Druck erfolgen muß. SAXER (44) hat in seiner Dissertation bei 1.000 nicht überkronten Zähnen die Ergebnisse der Vitalitätsprüfung mit dem Dentotest und jene mit Kohlensäureschnee verglichen. Die anschließende Kontrolle der Ergebnisse erfolgte durch die klinische Zahnuntersuchung, das Röntgenbild, die Trepanation und bei 31 Zähnen zusätzlich noch durch die histologische Untersuchung. Es zeigte sich, daß 28 mal der Kohlensäureschneetest und 25 mal die elektrische Prüfung versagt hatten; dies entspräche einer Fehlerbreite von 2,8% bzw. 2,5%.

Es läßt sich also sagen, daß bei nicht überkronten Zähnen die Vitalitätsprüfung mit dem Kohlensäureschnee und dem Dentotest etwa die gleiche Fehlerquote haben. SAXER meint, daß beim Testen mit dem Kohlensäureschnee einmal ein vitaler Zahn nicht reagieren, während beim Dentotest eher einmal eine pathologisch veränderte oder gar abgestorbene Pulpa reagieren kann, was therapeutisch viel nachteiliger ist.

LANGENEGGER (30) stellte an 299 Zähnen vergleichende Untersuchungen an. Er erzielte 5 % differente Testergebnisse, die durch das Röntgenbild und die Trepanation kontrolliert, stets zugunsten der elektrischen Testmethode gesprochen haben soll.

SAUERMANN (43) hat die Pulpen 508 überkronter Zähne mit dem Kohlensäureschnee auf ihre Vitalität geprüft. Er erzielte dabei in 496 Fällen übereinstimmende Resultate. Zur Kontrolle

zog er den Röntgenbefund bei. Bei 12 von ihm als pulpentot bezeichneten Zähnen hatte er jedoch eine positive Testreaktion erhalten. Als Ursachen für die Fehldiagnosen nennt er Angstschmerz, Möglichkeit der Kältereizableitung durch Metalle zur Gingiva, zur Wurzelhaut oder zu vitalen Nachbarzähnen (solche Erscheinungen soll er jedoch selbst nie beobachtet haben), vitale Restpulpen. Dem Kohlensäureschnee schreibt LANGENEGGER folgende Nachteile zu: unzuverlässiges, schlechtes Ansprechen überkronter Zähne, vieler Weisheitszähne, Molaren und unterer Frontzähne; Abnahme der Empfindlichkeit infolge längerer Reizdauer; Auftreten starker, oft längere Zeit anhaltender Schmerzen; komplizierte Beschaffung und Handhabung des Kohlensäureschnees. Dagegen sprechen BÜCHS (8) und BAUMANN (1) von einer sehr einfachen, uneingeschränkten Anwendung und beachtenswerten Zuverlässigkeit des Kohlensäureschnees.

Anfangs glaubte man, daß die große Kälte des Kohlensäureschnees zu Schmelzsprüngen oder Pulpaschäden führen könne. SCHILLER (45) beobachtete im Veratrolversuch, daß die vom Kohlensäureschnee ausgehende Kälte in schädigendem Grade nicht bis zur Pulpa vordringt, denn die Schmerzreaktion tritt bedeutend früher ein. Er hat an Zähnen, die später extrahiert und histologisch untersucht wurden, nachgewiesen, daß auch bei mehrmaligem und langem Anpressen der Schnee keine Schädigung der Pulpa oder des Zahnschmelzes hervorruft.

Dagegen berichten BROWN, JACOBS und THOMPSON (7) über ihre in-vitro-Versuche mit menschlichen Zähnen. Bei ihren Untersuchungen betrug die Temperaturdifferenz 50°C, die Einwirkungszeit + 1/2 Minute. Die Verfasser gehen bei ihrer Versuchsanordnung davon aus, daß solch ein plötzlicher Temperatursprung um etwa 50°C beim Essen und Trinken nicht selten auftritt. Er sei, wie sie zeigen, groß genug, im Laufe der Zeit Schmelzsprünge hervorzurufen, die auf die thermische Beanspruchung des Schmelzes zurückzuführen sind. Die Konsequenzen sollen nach Ansicht der Verfasser nicht so tragisch sein, denn es dürfte Kräfte und Vorgänge geben, die der thermischen Zerstörung entgegenwirken, wie z.B. die Reparatur durch Remineralisation.

Mit der Frage, ob durch eine einmalige extreme Temperaturbelastung, wie sie bei der routinemäßig angewandten Vitalitätsprüfung mit Kohlensäureschnee auftritt, posteruptive Schmelzsprünge entstehen, haben sich LUTZ F., MÖRMANN und LUTZ T. (31) befaßt. In einer In-vivo-Studie wollen sie mit einer Farbstoffpenetriermethode und mit Hilfe eines fluoreszenz-photographischen Verfahrens gezeigt haben, daß durch eine einmalige, lege artis durchgeführte Vitalitätsprüfung mit Kohlensäureschnee, Schmelzsprünge entstehen können. Sie beschreiben dabei ausführlich das Lamellensystem des Zahnes und die thermodynamischen Vorgänge bei der Kohlensäureschnee-Probe.

c - 2.2.4 Kälteaerosolen

Neuerdings werden auf dem Markt Kältemittel vom Frigen-Typ angeboten. Es handelt sich hierbei um fluorierte Chlorkohlenwasserstoffe, Derivate des Methans und Äthans. Was die chemischen Eigenschaften von den (Chlor-fluor-methane)= CFM betrifft, sind sie indifferent, unbrennbar, sehr wenig hitzeempfindlich. Vom pharmako-dynamischen Standpunkt aus sind sie von einer bemerkenswerten Intoxizität. Ihre Stabilität ist auf die Anwesenheit des Fluors im Molekül zurückzuführen. Je höher der Gehalt an Fluor, desto größer auch die Stabilität des Derivats. Keines der Chlor-fluor-Methane ist brennbar oder explosiv. Ihre sehr geringe allgemeine Giftigkeit bietet zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten. Das am meisten als Treibmittel verwendete Chlor-fluor-Methan ist CFM 12, und zwar sowohl allein als auch kombiniert mit anderen CFM's. Da diese Substanzen pausenlos in der Kosmetik und Pharmacie angewendet werden, haben QUEVAUVILLER, GARCET und GARET-POTTIER (40) Untersuchungen angestellt, um aufzuklären, ob ihre Applikation auf die Dauer keine Hautreizung hervorrufen könnte. Im Meerschweinchenversuch konnte bei einer 20%-igen Konzentration dieser beiden Frigen-Typen in der Luft nach zwei Stunden Einwirkung keine Schädigung festgestellt werden. QUEVAUVILLER hat Difluordichlormethan während zwei Monaten dreimal täglich an sechs Wochentagen auf die enthaarte Haut von Ratten im Abstand von 10 cm drei Sekunden

aufgesprüht. Außerdem wurde unter ähnlichen Versuchsbedingungen eine ölige Lösung von Frigen 12 A auf die Rattenhaut gepinselt. Weder Blutandrang noch Entzündung oder Verhärtung der Hautoberfläche wurden beobachtet. Das Epithel blieb unverändert. Die Haut und das Unterhautgewebe mit den Haarfollikeln und Talgdrüsen wiesen keine Anzeichen von pathologischen Veränderungen auf (40). Auch bei diesen Versuchen wurde die ausreichende physiologische Indifferenz des Flüssiggases bewiesen.

Die Toxitität vermindert sich im allgemeinen mit steigendem Gehalt an Fluor. Von den für die Pharmazeutika in Betracht kommenden Frigen-Typen sind 12 A (Difluordichlormethan) und 114 A (Tetrafluordichloräthan) am wenigsten toxisch (27). Das Frigen 12 A besitzt ein Molekulargewicht von 120,93. Der Siedepunkt liegt bei - 158°C 760 mmHg.

Die Frigenkombination 12/114 wurde von EIFINGER (10) an ca. 1.500 verschiedenen Zähnen hinsichtlich ihres für die Pulpa diagnostisch notwendigen Wärmeentzuges überprüft. Die Versagerquote lag bei etwa 20 %. Der unzureichende Wärmeentzug wirkte sich vor allem bei überkronten Zähnen negativ aus. Daher benützte er ausschließlich das wirksamere Propellant Frigen 12 A bei seinen weiteren Untersuchungen. EIFINGER führte Untersuchungen aus, um beim Frigen-Thermostat annähernde Aussagen über die auf der Schmelzoberfläche und im Pulpacavum eintretenden Temperaturveränderungen machen zu können. Geprüft wurde bei konstanter Raumtemperatur der Temperaturabfall auf der Schmelzoberfläche von frisch extrahierten, klinisch gesunden Prämolaren unter verschiedenen Spraybedingungen. Beim direkten Ansprühen des Aerosols auf die Zahnoberfläche (t = 2 sec) wurde ein Temperaturabfall in 0,8 sec von 77°C registriert (+ 22°C → - 55°C). Berührte er die Oberfläche mit getränktem Kunststoff-Pellet bis das Aerosol verdampft war, dann ergab sich ein Temperaturabfall von 50°C (+ 22°C → - 28°C).

Thermometrische Versuche im wassergefüllten Pulpakavum (T=22°C) ergaben folgende Ergebnisse: Wird der Zahn direkt angesprüht (t = 2 sec), so ergibt sich ein Temperaturabfall von 9°C (22°C → + 13°C). Berührt man wiederum die Zahnoberfläche mit

dem aerosolgetränkten Pellet und läßt das Aerosol vollständig verdampfen, so ergibt sich ein Temperaturabfall von 5,5°C (+ 22°C → + 16,5°C).

Er konnte auch feststellen, daß trotz der hohen Temperaturunterschiede, wie sie mit dem Aerosol Frigen 12 A erzeugt werden, elektronen-mikroskopisch faßbare Schäden in der Schmelzoberfläche von klinisch gesunden Zähnen nicht zu beobachten sind.

Um die Frage zu beantworten, ob durch das direkte Ansprühen der Zahnkrone mit dem Kälteaerosol Frigen 12 A, das nach seiner Feststellung in etwa 5 % aller Überkronungen nötig wird, in der Pulpa irreversible Schäden entstehen können, machte er histologische Untersuchungen. Dabei stellte er fest, daß neben einer geringgradigen reaktiven Hyperämie sich keine weiteren auffälligen Befunde finden. Somit sei die Gefahr einer permanenten Pulpaschädigung auch beim direkten Spray mit dem Kälteaerosol nicht zu befürchten.

C. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Erstellung und Auswahl des Probandengutes

Die Untersuchungen der Pulpensensibilität führte ich in der zahnärztlichen Praxis an Patienten durch, die keiner besonderen Auswahl unterlagen.

Das Alter der Patienten, bei denen ausschließlich permanente überkronte Zähne überprüft wurden, schwankte zwischen 17 und 72 Jahren.

Ich untersuchte insgesamt 520 überkronte Zähne bei 197 Patienten auf ihre Pulpensensibilität. 92 Patienten waren männlich, 115 Patienten weiblich. Von den überprüften Zähnen waren 369 mit Metallkronen, 151 mit Porzellan- und Kunststoffkronen überzogen. Dabei rechne ich die Kunststoffverblendkronen bzw. die Metallkeramikkronen, bei denen ich die Sensibilität an der Metallfläche prüfen konnte, zu den Metallkronen.

2. Angewandtes Material und Methodik

Der Kohlensäureschnee war das erste Testmittel. Ich gewann ihn aus der unter Druck gefüllten 10 kg - Kohlensäureflasche, die ich in einem von der Industrie für die Sauerstofflaschen angebotenen Stativ aufgestellt hatte.

Zur Gewinnung des für die Sensibilitätsprüfung geeigneten Kohlensäureschneestäbchens, hatte man früher den von BACK und POHL (3) konstruierten Apparat genommen. Ich benützte das neuere Gerät, das von der Firma Fricar AG in Zürich, gemeinsam mit der Kieferchirurgischen Abteilung des Zahnärztlichen Instituts der Universität entwickelt wurde. Es wurde von OBWEGESER und STEINHAUSER (37) als "Odontotest" bezeichnet. Der zylinderförmige Aufsatz besteht aus Plexiglas. Dieser Plexiglaszylinder hat einen aufgeschraubten Boden mit Gummidichtung, sowie seitlich einige kleine Öffnungen (siehe Abb. 2).

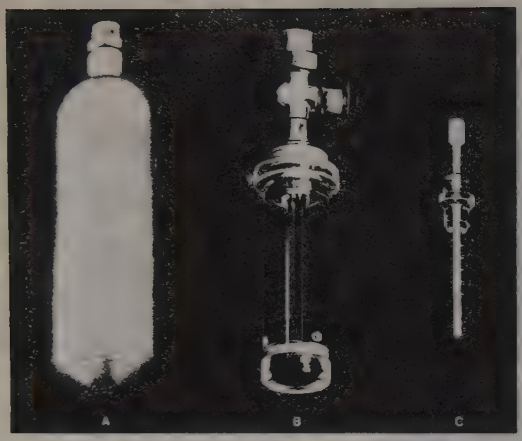


Abb. 2
(aus 37 Abb. 2)

Kohlensäureschnee-Prüfgerät der Fa. Fricar A.G.

Einzelteile des Schneegerätes

a: Druckflasche mit 150 g flüssiger Kohlensäure

b: Plexiglaszylinder mit aufgeschraubtem Verbindungsstück und Regulierhahn

c: Schneestopfer

Bei Öffnung des Regulierhähnchens kommt es durch Entspannung der flüssigen Kohlensäure auf atmosphärischen Druck zur Schneebildung. Dieser hat eine Temperatur von -78°C (33). In dem Zylinder innerhalb des Plexiglasbehälters sammelt sich der Schnee, der dann einfach mit dem dazugehörigen Stopfer zu einer Schneestange gepreßt werden kann.

Nach erfolgter Füllung des Zylinders mit Kohlensäureschnee wartete ich ca. 10 Sekunden, bis die äußerste Schicht der Säule schmolz und sich der Schnee leichter vorwärts drücken ließ.

Abb. 3
(aus 37 Abb.3)

Schneeproduktion durch einfaches Öffnen des Regulierhahnes

Die Schneeproduktion konnte ich so fein regulieren, daß ich je nach Bedarf entsprechende Schneemengen z.B. für partielle Prüfungen oder für einen einzigen Zahn machen konnte. Dieses Schneegerät war zuerst für 150 g Kohlensäure-Druckflaschen konstruiert (siehe Abb. 3).
Um der Nachfrage nach einem größeren Gerät gerecht zu werden, hat man dann zusätzlich einen Ansatzstutzen für eine 2 Liter - Kohlensäureflasche entwickelt, der auch auf die von mir verwendete 10 Liter - Flasche aufgeschraubt werden konnte.

Man benötigte für einen kompletten Vitalitätsstatus bei vollbezahntem Unter- und Oberkiefer eine Schneestange von 6 cm Länge (37), welche ca. einer Zylinderfüllung entspricht.
Bei eigenen Versuchen konnte ich diese Angaben nur bestätigen.

Abb. 4
(aus 37 Abb. 1)

Richtige Handhaltung zur Vitalitätsprüfung mit dem Kohlensäureschnee

Ich achtete immer darauf, daß der Schnee bei der Prüfung leicht an die Zahnoberfläche angedrückt wurde. Es bildet sich sonst durch die schnelle Verdampfung eine isolierende Gasschicht zwischen Zahnoberfläche und Schneestab, wodurch ein falsches Ergebnis erzielt werden kann. Herunterfallende Schneestückchen verursachen keine Verätzungen der Mundschleimhaut oder der Haut, da sich ja, wie bereits oben erwähnt, sofort eine isolierende Dampfschicht bildet (Leidenfrost'sches Phänomen). Die Geschmack- und Geruchlosigkeit macht die Anwendung des Kohlensäureschnees gegenüber dem heute noch viel verbreiteten (45) Chloräthyl-Wattebausch besonders angenehm. Eine Abneigung des Patienten gegen diese Prüfungsart ist also daher nicht zu befürchten (Abb. 4).

Man kann den feuchten Zahn, ohne ihn vorher abzutrocknen, sofort mit Kohlensäureschnee prüfen. Ebenfalls weil der Schnee nicht wegfließt und direkt an der Luft verdampft, ohne sich vorher zu verflüssigen. Die Irrtümer sind mit den Nachbarzähnen dadurch nicht möglich. Um weitere Irrtümer hinsichtlich der Kälteweiterleitung durch Kontaktflächen auszuschalten, habe ich jeden überkronten Zahn, der von mir überprüft wurde (falls die Zähne getrennt standen) mittels Plastikstreifen von den Nachbarzähnen isoliert. Bei Brücken habe ich das eine Brükkenglied mit Daumen und Zeigefinger festhaltend vor der Wei-

terleitung der Testkälte geschützt, während ich das andere Brückenglied auf seine Vitalität prüfte. Ich machte speziell für diesen Zweck einen Versuch, um sicher zu sein, daß die Patienten nicht durch Weiterleitung der Kälte an die anderen Brükkenglieder falsche Angaben machten. Bei einem Patienten, der zuerst in den Zahn 25 einen Goldstift und anschließend auf die Zähne 25 - 27 eine Goldkunststoffbrücke bekam, drückte ich den Kohlensäureschnee 30 Sekunden lang an das mit einem Wurzelstift versehenen Brückenglied 25 und hielt dabei das Brückenglied 27, wie oben beschrieben, mit Daumen und Zeigefinger fest. In dieser relativ langen Zeitspanne fühlte der Patient keinen Kälteschmerz. Während das Brückenglied 27 andererseits schon durch kurzes Andrücken des Schnees den Schmerz sofort fühlte. Somit konnte ich feststellen, daß man durch diese Methode ohne weiteres die nicht geprüften Brückenglieder vor der Kälte schützen kann, wenn an einem Brückenglied eine Kälteprüfung vorgenommen wird. Den gleichen Versuch führte ich auch mit dem Kältespray Provotest durch. Dabei erhielt ich das gleiche Ergebnis.

Bei diesen Prüfungen brauchte ich allerdings eine Helferin, die mir dabei half, die Lippen bzw. Wangen mit dem Spiegel abzuhalten. Bei diesem Versuch konnte ich auch feststellen, daß das Parodontium durch Weiterleitung der Kälte über den Wurzelstift nicht gereizt wird, womit ein irrtümliches Ergebnis erzielt werden könnte.

Ich nahm die Prüfungen mit dem Kohlensäureschnee nahe am Zahnhals vor, da von hier aus die Pulpenspitze auch bei älteren Patienten thermisch besser zu erreichen ist, besonders, wenn es sich um ausgeprägte Sekundärdentinbildungen unter alten Kronen handelt. Bei Frontzähnen ließ ich den Kohlensäureschnee an der labialen Fläche - indem ich gleichzeitig die Lippen mittels Zeigefinger und Daumen der linken Hand weghielt - nur so lange einwirken, bis der Patient den ersten Kälteschmerz empfand, was gewöhnlich nach wenigen Sekunden der Fall war. Bei mehrwurzeligen Zähnen prüfte ich von der palatinalen bzw. lingualen Seite aus. Das Abhalten der Wange fiel dadurch fort und die Übersicht war besser.

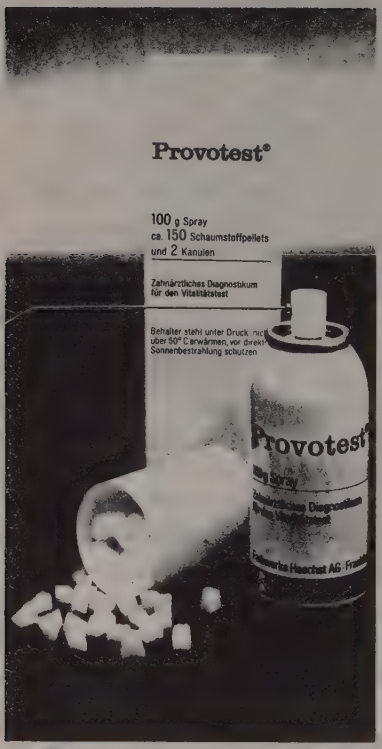
Für die zur Erreichung dieser Reaktion notwendige Zeit kann keine feststehende Norm genannt werden. Sie ist von vielen Faktoren abhängig. Es spielen dabei das Alter des Patienten, Konstitution, pathologische und physiologische Zustände der Pulpa sowie psychologischer Zustand des Patienten eine große Rolle. Weiterhin ist die Reaktionszeit des geprüften Zahnes von der Zahnart abhängig. Die Dicke der Schmelzschicht und des Dentinkerns wechseln in ihrer Stärke. Die Leitung des Temperaturreizes wird von diesen beiden Faktoren stark beeinflußt. So ist es verständlich, daß bei überkronten Zähnen Kronenmaterial und die Phosphatzementschicht darunter das Ergebnis wesentlich ändern. Sie haben ein anderes Temperaturleitungsvermögen als Dentin und Schmelz.

Auf die Länge der Reizschwelle hat außerdem die unterschiedliche Sensibilität der Patienten einen Einfluß. Ich verglich in Zweifelsfällen die Reaktionszeit des geprüften Zahnes mit der des analogen oder gleichartigen gesunden Nachbarzahnes.

Bei meinen Untersuchungen hatte ich die Patienten darauf hingewiesen, daß sie die erste Schmerzreaktion durch Handheben angeben.
Fiel das Resultat innerhalb 15 Sekunden negativ aus, so habe ich dasselbe von der anderen Fläche versucht. Erfolgte auch an der anderen Fläche innerhalb der gleichen Zeitspanne keine Reaktion, so wurde das Prüfungsergebnis negativ beurteilt.

Gemessen wurde dabei die Zeit von der Applikation der Kälte bis zur subjektiven Reaktion.

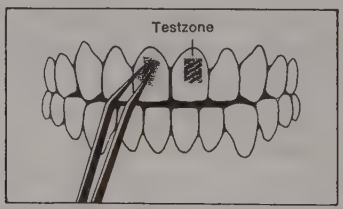
Kältemittel vom Frigen - Typ wurden mir von der Farbwerke-Hoechst AG zur Verfügung gestellt. Meinen folgenden Untersuchungen liegt ausschließlich das ebenfalls geruch- und geschmacklose Frigen 12 Spezial (= Difluordichlormethan CF_2Cl_2) zugrunde. Es ist als Vitalitätsprüfmittel für die Zahnheilkunde mit der Bezeichnung Provotest im Handel erhältlich. Ich erhielt dieses Mittel in einer 100 g Spray fassenden Metallflasche mit zwei 11 cm langen Spraykanülen sowie ca. 150 Pellets (Bild 5). Frigen 12 A wird unter Berücksichtigung der intra-



oralen Anwendung in einem besonders hohen Reinheitsgrad hergestellt. Vor der Sensibilitätsprüfung wurde der zu prüfende Zahn, wie bei Kohlensäureschnee beschrieben, mit Plastikstreifen separiert. Zur Vorbereitung der Vitalitätsprüfung wurde das mit einer Pinzette gefaßte Kunststoffpellet aus etwa 2 cm Abstand besprüht, bis es mit Provotest triefend durchtränkt ist. Der so vorbehandelte Schwamm wird dann sofort mit leicht steigendem Druck an den zu prüfenden Zahn bis zur Reizreaktion angedrückt.

Im Frontzahnbereich ging ich so vor, daß ich zunächst das zervikale Areal des Zahnes mit dem unterkühlten Pellet berührte (siehe Bild 6).

Abb. 5: Frigen 12 A (Provotest) wird unter Berücksichtigung der intraoralen Anwendung in einem besonders hohen Reinheitsgrad hergestellt.
(Bild aus Werbebroschüre der Fa. Hoechst)



Bei der Testung von Schneidezähnen wird die kleinere Pelletfläche mit dem Zahn in Kontakt gebracht

Abb. 6

(Bild aus Werbebroschüre der Fa. Hoechst)

Zeigte der Zahn keine oder eine sehr schwache Reaktion, so habe ich den Zahn direkt angesprüht (siehe Bild 7).

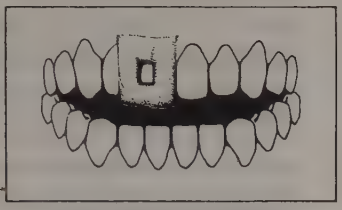


Abb. 7

Vorgehen bei direkter Besprühung:
Ein Zellstoffplättchen, in welches ein kleine Öffnung gerissen wurde, wird über die Zahnkrone geschoben, um bei Engstand der Zähne eine gleichzeitige Unterkühlung der Nachbarzähne zu vermeiden

(Bild aus Werbebroschüre der Firma Hoechst)

Der zu untersuchende Zahn wird aus einer Entfernung von ca. 1/2 cm direkt besprüht. Hierbei könnte es durch den unter hohem Druck stehenden und dadurch divergierenden Spraystrahl zum Mitbesprühen von Nachbarzähnen und dadurch zu Fehldiagnosen kommen. Um das zu verhindern, deckte ich die Nachbarzähne mit einer Zellstofflage ab, indem ich eine kleine Öffnung in das Zellstoffplättchen schnitt und dort die zu prüfende Zahnkrone teilweise durchtreten ließ. Bei einiger Übung gelang es mir allerdings, den Spraystrahl exakt zu dosieren und dadurch schmal und gezielt aufzubringen. Die lange, vorne leicht abgewinkelte Kanüle mit ihrer engen Öffnung bewährte sich besonders im hinteren Molarenbereich. Im Seitenzahnbereich begann ich die Probe meist mit direktem Besprühen auf die bukkale bzw. palatinale Fläche. Denn hier reichte des öfteren die Kältewirkung des Pellet-Tests nicht aus, um Reaktionen auszulösen. Die Sterilisation der Kanüle war mit und ohne Kunststoffansatz im Autoklaven möglich.

Einige Erklärungen über das Funktionieren der Sprayflasche: Beim Durchdrücken des Ventils wird die flüssige Phase von Frigen durch Steigrohr und Ventil herausgedrückt. Das Treibmittel verdampft beim Austreten aus der Düse spontan. Bei der Entnahme eines Teils der flüssigen Phase vergrößert sich der Gasraum im Behälter. Der Gasdruck läßt aber nicht nach, da

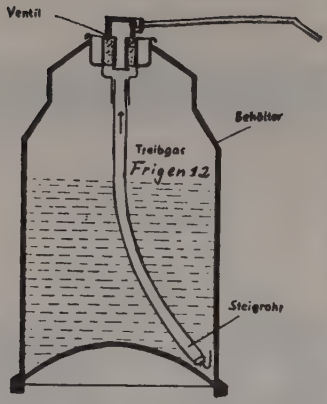


Abb. 8
(aus 27 Abb. 10)

Beim Durchdrücken des Ventils wird die flüssige Phase von Frigen durch Steigrohr und Ventil herausgedrückt.

sogleich eine entsprechende Menge des verflüssigten Treibgases verdampft.

Es bleibt also ein konstanter Arbeitsdruck erhalten, bis alle verflüssigten Treibmittel in die Gasphase übergegangen, d.h. bis der Behälter völlig entleert ist (siehe Abb. 8).

Die Temperaturmessungen ergaben bei der provotestgetränkten Pellets-Oberfläche eine Temperatur von -26°C (34). In der Endphase der Verdunstung sank die Temperatur bis auf -27,5°C ab.

Provotest-Spraystrahl im Abstand von 1 cm der Kanüle erzeugte eine Temperatur von -56°C.

Von werkseits wird man darauf hingewiesen, daß Frigecain ausschließlich als Diagnostikum erprobt wurde. Daher sollte es nicht zur Vereisung der Schleimhaut eingesetzt werden.

3. Untersuchungsmodus

a) Klinische und anamnestische Voruntersuchung.

b) Das Alter und Geschlecht der Patienten wurden registriert.

c) Die Zähne wurden nach ihrer Nummer und Kronenart eingetragen. Dabei möchte ich bemerken, daß ich die Verblendkronen zu den Metallkronen zählte, weil ich die Prüfung an der Metallseite vornehmen konnte.

d) Die Sensibilitätsprüfungen mit den Testmitteln Provotest und Kohlensäureschnee erfolgten in einer Sitzung und unter gleichen Bedingungen. Der zu testende Zahn wurde zuerst mit

Provotest geprüft. Anschließend wurde die Prüfung mit Kohlensäureschnee vorgenommen.

e) Das Ergebnis jeder Vitalitätsprüfung mit beiden Testmitteln wurde getrennt beurteilt.

f) Bei Schmerzreaktion des Zahnes auf das angewandte Kältemittel wurde das Ergebnis positiv beurteilt.

g) Sind die beiden Testergebnisse negativ ausgefallen, so habe ich zur Kontrolle der Sensibilität des Patienten bzw. der Kieferhälfte andere gesunde Zähne zur Kontrolle herangezogen. Zeigte jedoch nur der zu prüfende Zahn negative Sensibilität, so wurde das Ergebnis negativ beurteilt.

h) Nach den Sensibilitätsprüfungen mit beiden Testmitteln wurden die Eintragungen in der Kartei zur Kontrolle durchgesehen.

i) War nach den Eintragungen in der Karteikarte keine eindeutige Wurzelfüllung, Resektion oder dergleichen festzustellen, so fertigte ich von dem Zahn eine Röntgenkontrollaufnahme an.

j) Die Ergebnisse der Sensibilitätsprüfungen sowie der Befund der Röntgenkontrollaufnahmen wurden entsprechend dem in der Tabelle (A) gezeigten Schema protokolliert; dabei wurden in den Spalten "Reaktion auf Provotest" und "Reaktion auf Kohlensäureschnee" mit gut, leicht oder keine eingetragen.

Trepanation der Zähne oder histologische Nachuntersuchungen konnten in der Praxis aus verständlichen Gründen nicht durchgeführt werden.

Tabelle A

Pat.	Alter	Geschlecht		Test-Zahn	Diagnostische Reaktion auf FRIGECAIN-Test			Zum Vergleich Diagnostische Reakt auf Co_2 - Schnee		
		männl.	weibl.		gut	leicht	keine	gut	leicht	keine
				+						

Ergebnisse der Sensibilitätsprüfungen sowie der Befund der Röntgenaufnahmen wurden in der Tabelle protokolliert.

D. ERGEBNISSE

Mein Ziel war es, den Aussagewert einer mit Provotest durchgeführten Sensibilitätsprüfung bei den überkronten Zähnen zu untersuchen. Zum Vergleich wurden die Zähne auch mit Kohlensäureschnee geprüft. Die Kontrolle der Ergebnisse erfolgte durch klinische Zahnuntersuchung und das Röntgenbild. Die drei Ergebnisse wurden miteinander verglichen.

Tabelle 1

a) Zahlenmäßige Verteilung der 520 mit den beiden Prüfungsmethoden gewonnenen Testreaktionen

Provotest:	Positive Testreaktionen bei	371 Zähnen
	Negative Testreaktionen bei	149 Zähnen
	Total	520 Zähne
Kohlensäureschnee:	Positive Testreaktionen bei	378 Zähnen
	Negative Testreaktionen bei	142 Zähnen
	Total	520 Zähne

b) Vergleich der Testreaktion des Provotests mit derjenigen des Kohlensäureschnees am Einzelzahn

Gemeinsame positive Testreaktionen bei	367 Zähnen
Gemeinsame negative Testreaktionen bei	135 Zähnen
Differente Testreaktionen bei	18 Zähnen
Total	520 Zähne

c) Ergebnisse der Kontrolluntersuchungen und des Röntgenbildes

Vital	383 Zähne
Devital	137 Zähne
Total	520 Zähne

Tabelle 2

Vergleichsergebnisse von Testreaktion und zugehörigem Kontrollbefund am Einzelzahn

		Provotest	CO_2 - Schnee
Testreaktion + Kontrollbefund +		369	375
Testreaktion - Kontrollbefund -		133	131
Testreaktion - Kontrollbefund +		14	8
Testreaktion + Kontrollbefund -		4	6
Total		520	520

18 Zähne versagten beim Testen mit Provotest
14 Zähne versagten beim Testen mit CO_2-Schnee

Tabelle 3

Fehlerbreite der Prüfmethoden und Mittel. Die prozentualen Zahlen lassen sich aus der oben aufgeführten Tabelle errechnen.

	Provotest %	CO_2-Schnee %
Fehlerbreite für vitale und devitale Zähne	3,46	2,69
Fehlerbreite für vitale Zähne	3,65	2,08
Fehlerbreite für devitale Zähne	2,91	4,37
Es sind positiv zu bewertende Reaktionen		
für vitale und devitale Zähne	96,54	97,31
für vitale Zähne	96,35	98,92
für devitale Zähne	97,09	95,63

Es wurden insgesamt 24 Zähne hinsichtlich ihrer Vitalität falsch beurteilt.

Bei beiden Prüfungsmitteln gaben 8 Zähne zu einer Fehldiagnose Anlaß (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4

Urteil nach der Röntgenaufnahme	Reaktion auf Provotest und Kohlensäureschnee
6 Zähne (+)	(-)
2 Zähne (-)	(+)

Nach der Röntgenaufnahme waren bei sechs der von beiden Prüfungsmethoden negativ beurteilten Zähnen keine pathologischen Veränderungen festzustellen. Andererseits wurden zwei Zähne als vital diagnostiziert, obwohl röntgenologisch apicale Veränderungen festzustellen waren.

Bei 18 der Zähne wurden differente Reaktionen mit beiden Prüfmethoden erzielt (siehe Tabelle 5).

Tabelle 5

Röntgen	Fehlerhafte Reaktionen mit Provotest	mit CO_2-Schnee
12 Zähne (+)	9 Zähne (-)	3 Zähne (-)
6 Zähne (-)	2 Zähne (+)	4 Zähne (+)

Von diesen 18 Zähnen waren 12 Zähne röntgenologisch unverändert. Dagegen reagierten 9 von ihnen auf Provotest und 3 auf CO_2-Schnee negativ.
Umgekehrt war es bei sechs dieser Zähne.

Bei ihnen wurden apicale Veränderungen bzw. Wurzelfüllungen festgestellt. Dagegen sprachen aber zwei von diesen Zähnen auf Provotest und vier auf CO_2-Schnee-Test positiv an.

Bei beiden Kälteprüfungen sind die Fehldiagnosen an den Zähnen am häufigsten, die bei der Vitalitätsprüfung negativ reagierten, im Röntgenbild aber keinen pathologischen Befund erkennen ließen und deshalb als vital bezeichnet wurden. Eine Erklärung für den vergleichsweise hohen und klinisch bedeutungsvollen Anteil findet sich in der Schwierigkeit einer gesicherten Diagnose aufgrund des Röntgenbildes.

Das als Vergleichsmaßstab herangezogene Röntgenbild läßt sich nicht immer diagnostisch bestimmt auswerten.

Die histologische Abstützung der klinisch ermittelten Resultate ist allerdings in der Praxis nicht möglich.

E. DISKUSSION

1. Diskussion der Ergebnisse

Zur Objektivierung der thermischen Befunde wurde an allen Zähnen zusätzlich eine röntgenologische Untersuchung durchgeführt. Somit erhielt ich gleichzeitig eine Information über das Parodont einschließlich des periapikalen Gebietes von avitalen Zähnen, bei denen der Verdacht einer Gangrän oder Nekrose vorlag. Die dreifache Prüfung - mit Provotest, Kohlensäureschnee und Röntgenbild - ermöglichte daher eine annähernd zuverlässige Aussage über die Treffsicherheit des erprobten Kälteaerosols Frigen 12 A.

In Tabelle 3 sind die prozentuale Fehlerbreite bzw. positiv zu bewertende Reaktionen der beiden Kälteprüfungen erfaßt.

Die Frigen 12 A Prüfung führte in nur 3,46 % aller Fälle zu einem fehlerhaften Ergebnis bei der Beurteilung der Pulpasensibilität der überkronten Zähne. Bei der Prüfung mit CO_2-Schnee lag die Fehlerrate bei 2,69 %.

Bei vitalen überkronten Zähnen war die Fehlerrate bei der Kälteprüfung mit Frigen 12 A bei 3,65 %, bei dem CO_2-Schnee-Test bei 2,08 %.

Bei devitalen überkronten Zähnen war die Fehlbeurteilung des Provotests in 2,91 % der Fälle zu verzeichnen. Der CO_2-Schnee-Test versagte in 4,37 % der Fälle.

Es sei hier ergänzend vermerkt, daß immer dann ein negatives Prüfergebnis angenommen wurde, wenn eine der beiden Sensibilitätsproben einwandfrei und sicher durch Vergleichsuntersuchungen an einem gesunden korrespondierenden Zahn ein positives Ergebnis zeigte.

An sämtlichen überkronten Zähnen - Kunststoff-, Porzellan- oder Goldkronen - war mit dem Propellant Frigen 12 A eine zuverlässige Aussage über die Sensibilität der Pulpa möglich. Des öfteren mußten die Zähne wegen der unterschiedlichen dicken, isolierenden Zementschicht unter der künstlichen Krone

direkt angesprüht werden.

Aus diesen Ergebnissen kann gefolgert werden, daß die thermische Prüfung zur Bestimmung der Pulpasensibilität der überkronten Zähne mit dem Kälteaerosol Frigen 12 A mit 96,54 % sicheren diagnostischen Ergebnissen, neben Kohlensäureschnee, ein verläßliches Prüfungsverfahren darstellt.

Grundsätzlich gilt jedoch, daß jede Reizbeantwortung immer eine Alternativaussage ist. Zuverlässige Rückschlüsse auf den Zustand der Pulpa oder gar eine Pulpadiagnostik für ein gezieltes, therapeutisches Vorgehen ist nicht möglich (33).

Auf Grund der angestellten Untersuchungen dürfen beide Testmittel, Provotest mit 3,46 % und CO_2-Schnee mit 2,69 % Fehlerbreite, als guter Indikator vitaler Pulpen angesehen werden. Mit beiden Mitteln kann jeder Zahn, gleichgültig, welche Vorbehandlungen dieser bereits erfahren hat, geprüft werden. Mit Jacketkronen überkronte Zähne erwiesen sich mit der Regel mit Provotest und CO_2-Schnee als zugänglich. Die positive Testreaktion bei beiden Prüfungsmethoden tritt jedoch abgeschwächt und deutlich verzögert ein. Bei meinen Untersuchungen habe ich die Erfahrung gemacht, daß die devitalen Zähne, die Metallkronen tragen, keinerlei Reaktionen auf thermische Reize zeigten. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, ließ ich die Kälte bei überkronten, pulpatoten Zähnen bewußt lange auf den Zahn einwirken, um festzustellen, ob durch die Kälteableitung durch das Metall auf das Zahnfleisch oder gar bei tiefreichendem Kronenrand auf die Wurzelhaut, Schmerzreaktionen ausgelöst würden. Ich bin zu der Überzeugung gekommen, daß Patienten zum größten Teil durchaus in der Lage sind, den Kälteschmerz im Zahn mit Kälteeinwirkung auf das Zahnfleisch zu unterscheiden.

Die vitalen metallüberkronten Zähne reagierten etwa im Durchschnitt 1 - 3 Sekunden später auf den Kältereiz als die entsprechenden nicht überkronten Zähne. Die Dicke und Art der isolierenden Zementschicht sowie das Kronenmaterial ist für die Länge der Reaktionszeit entscheidend bzw. maßgeblich.

Es ist verständlich, daß bei Zähnen, deren Pulpa eine umfangreiche Menge von Sekundärdentin angelagert hat (was ja bei

überkronten Zähnen der Fall ist), ähnliche Verzögerungen auftreten können. Es könnte sogar sein, daß keine Reaktionen eintreten. Darum empfiehlt es sich, zumindest bei überkronten Zähnen zur Kontrolle ein Röntgenbild anzufertigen.

Bei Überkronung mit Kunststoff oder Porzellan ist die Reaktionszeit noch länger. Sie richtet sich, wie erwähnt, nach der Stärke der Phosphatzementschicht und ist weiterhin abhängig vom Kronenmaterial. Außerdem nimmt die Reaktionszeit von den Schneidezähnen nach den Molaren hin etwas zu. Der Unterschied ist aber nicht sehr groß.

Eine wirklich unfehlbare Prüfmethode gibt es also nicht, dennoch ist man mit den vorhandenen Mitteln dem gewünschten Ziel näher gekommen.

2. Diskussion der Methode

Bei der Diagnostik der Pulpaerkrankungen spielt die Frage nach der Vitalität der Pulpa eine wichtige Rolle. Testmethoden, die hierbei eine Auskunft geben, sind, wenn wir es richtig bewerten, weniger Prüfmethode zur Feststellung der Vitalität dieses Gewebes als zur Feststellung seiner Sensibilität, ein großer Unterschied in der Bewertung. Nach SCHILLER (45) bedeutet das Ausfallen einer Reaktion bei einer Sensibilitätsprüfung eines Zahnes bzw. seiner Pulpa nicht unbedingt das Fehlen der Vitalität des Gewebes. Es besagt nur, daß die nervöse Versorgung der Pulpa vermindert, unterbrochen oder gar ausgefallen sei, das Bindegewebe aber durchaus noch durchblutet und vital sein könne. In diesem Zusammenhang denken wir an die Hartsubstanzbildungen, die nach traumatischen Einflüssen (wie das Beschleifen eines Kronenstumpfes) das Pulpakavum teilweise oder auch gänzlich ausfüllen können. Diese Zähne zeigen auch keinerlei Vitalitätsreaktionen, mit welcher Methode auch versucht wird, hierüber einen Aufschluß zu erhalten (45). Trotzdem sei vitales Gewebe in den Spalten vorhanden, die in der Hartsubstanz zurückgeblieben sind, die sogar im Röntgenbild das ganze Pulpacavum

auszufüllen scheinen. Bindegewebe und Gefäße, aber keine Nervenfasern füllen diese Spalten aus und die Versorgung durch Gefäße über das Foramen apicale hinaus wird sichergestellt. Bleibt die Schmerzempfindung aus, wird im allgemeinen angenommen, daß der Zahn keine lebende Pulpa besitzt. Trotzdem kann es passieren, daß in einem solchen Falle bei der Eröffnung des Pulpakavums ein vitales, durchblutetes Gewebe zutage kommt. SCHILLER zeigte uns eindeutig, daß die Vitalität erhalten sein kann, wenn es durch Störung oder Fehlen der nervösen Versorgung zu keiner Sensibilitätsreaktion kommt. Bei der Bewertung unserer Vitalitätsprüfungen müssen wir uns diese Tatsache stets vor Augen halten.

Die Durchführung der Sensibilitätsprüfung kann durch weitere Faktoren erschwert werden. Hierbei kann das Testmittel ebenso ursächlich sein wie der Patient selbst einschließlich der gesamten gegebenen Verhältnisse im Testbereich. Zu weiteren erschwerenden Faktoren können noch zählen:
Ungenügendes Differenzierungsvermögen des Patienten; deshalb sollte man stets zuerst einen nichtbeteiligten, gesunden Zahn zum Vergleich und als Bezugswert mittesten.
Überleitungen von thermischen Reizen bei umfangreichen Metallkronen und -füllungen; gegossene oder verlötete Verbindungen und gleichwohl auch bei Verbindungs- und Halteelementen.
Um festzustellen, ob die Kältefortleitung in Brückenmetallen so schnell eintritt, daß an dem anderen Brückenpfeiler auch eine Reaktion ausgelöst wird, hat MAYER (32) daraufhin 81 Brükkenpfeiler geprüft. Es waren bei seinen Untersuchungen aber keinerlei Parallelreaktionen zu bemerken.
Vorhandene Anästhesie.
Überleitungen auf das umgebende Gewebe bei Metallkronen und -wurzelstiften.

Hier spielt auch die Schmerzreizschwelle eine bedeutende Rolle. Die Schmerzreizschwelle nimmt nicht nur von den Frontzähnen zu den Molaren, sondern auch mit zunehmendem Alter kontinuierlich zu.

Darüber hinaus unterliegt nach PÖLLMANN (39) die Schmerzschwelle tagesrhythmischen Schwankungen, d.h. beim Kälte-Test benötigt man zu bestimmten Tageszeiten eine längere Applikation des Kältemittels, um überhaupt einen Reiz auszulösen. Die

Schmerzschwelle steigt ab 6.00 Uhr früh kontinuierlich an. Gegen 15.00 Uhr erreicht sie ein Maximum, um dann wieder ab 18.00 Uhr bis 0 Uhr abzufallen.

Die Erfolgsquote des Kohlensäureschnees wird bestätigt durch die Untersuchungsergebnisse von FUHR und SCHERER (17) mit 96,6 %, von SAUERMAN (43) mit 97,6 % bei überkronten Zähnen. Durch SAXER (44) kamen in Zürich 100 überkronte Zähne mit CO_2-Schnee zur Testung. Die Fehlerquote betrug hier nur etwa 4 %. Diese Untersuchungen sind ein Beweis dafür, daß sich die CO_2-Schneeprüfung auch für überkronte Zähne vorzüglich eignet.

Als Vertreter der Kälteaerosole vom Frigen-Typ schneidet auch Provotest gleichermaßen gut ab und dies, obgleich er weniger tiefe Temperaturwerte erreicht als der Kohlensäureschnee.

Die Treffsicherheit liegt nach MAYER (33) bei dem Provotest-Pellet-Test (- 27.5°C) bei 95,6 %. Bei der Applikation in Spray-Form (max. - 56°C) wird mit 99,4 % sogar ein höherer Prozentsatz erreicht als mit Kohlensäureschnee.

Demnach ist eine direkte Abhängigkeit zwischen Kältegrad bzw. Wärmeentzug und Schmerzreaktion unverkennbar.

Die Intensität der thermischen Zahnschmerzen steht in Abhängigkeit vom Ausmaß der jeweiligen Temperaturdifferenz, von Zeit und Fläche der Einwirkung und von der Geschwindigkeit der Temperaturänderung.
EIFINGER (10) konnte in seinen diesbezüglichen Untersuchungen gleich hohe Werte erreichen. (Pellet-Test: 94,o %; Spray-Test: 99,5 %)

MAYER (33) erklärt diesen Effekt dadurch, daß im Falle des kälteren Kohlensäureschnees die Applikationsfläche entsprechend der Stempelgröße relativ klein ist, während bei den Kälte-Aerosolen einer wesentlich größeren Fläche, insbesondere beim Besprühen, ständig Wärme entzogen wird.

Kohlensäureschnee und Provotest (in Spray-Form) sind hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit, Anwendungsbreite und der Handhabung nahezu gleichwertig. In ca. 30 - 40 Sekunden kann eine geübte Helferin den Hartgummizylinder vollständig gebrauchs-

fertig auffüllen und bereitstellen. Diese Menge reicht aus, um einen gesamten Ober- und Unterkiefer zu überprüfen. Deshalb wird man bei der Überprüfung mehrerer Zähne dem Kohlensäureschnee den Vorzug einräumen müssen. Für die Überprüfung einzelner Zähne, speziell bei akuten apikalen und parodontalen Erkrankungen mit leichtem Berührungsschmerz bietet sich der Provotest mit völlig druckloser Applikation geradezu an. Eine Assistenz der Helferin erübrigt sich. Der Zeitaufwand ist gering, und wie die von MAYER durchgeführte Umfrage in zahnärztlichen Praxen bestätigt, zählen die Kälteaerosole heute schon zu den meist angewandten Vitalitätsprüfmitteln.

Der bei tiefen Temperaturen auftretende Verdunstungsdampf verflüchtigt sich rasch, er wirkt nicht störend. Der Provotest ist nicht brennbar, daher wären auch keine Cautelen zu beachten.

Ebenfalls bestehen hinsichtlich des Geschmacks und der Verträglichkeit keine Einwendungen. Das Präparat ist absolut ungiftig.

Der Inhalt der Metallsprühflasche von 100,0 cm^3 PROVOTEST reicht für ca. 75 - 80 Einzeltests; somit ist er rentabel und wirtschaftlich. Mit dem Spray-Test läßt sich die Vitalitätsprüfung mehrerer Zähne ebenfalls zügig durchführen, vorausgesetzt allerdings, daß man die dosiert-gezielte Ansprühmethode beherrscht und auf die Hilfsmaßnahmen, wie Abdecken der Nachbarzähne, verzichten kann. MAYER (32) meint, es wäre anzustreben, völlig auf die provotestgetränkte Pelletapplikation zugunsten der direkten Besprühung zu verzichten. Dazu wäre als wünschenswert vorauszusetzen:

a) bessere Dosierfähigkeit des Sprayflaschen-Druckes bzw. des Ventils;
b) Bessere Gestaltung der Kanülenöffnung zur Einengung der Divergenz des Sprühstrahles;
c) die Kanüle sollte unbedingt beschichtet werden, damit sie bei längerer Vitalitätsprüfung an den Lippen bzw. Schleimhäuten nicht festfriert.

Bedenken in bezug auf Gewebsschädigungen, bedingt durch sehr tiefe Temperaturen, wurden hinsichtlich des Kohlensäureschnees durch SCHILLER (45) ausgeräumt. Mit Provotest werden weniger tiefe Temperaturen erreicht als mit CO_2-Schnee. EIFINGER (10) und MAYER (32) konnten feststellen, daß bei gezielter und sachgemäßer Anwendung der Provotest zahnhartsubstanz- und pulpaverträglich ist. Durch einfache, schnelle und gezielte Anwendung stellt der Provotest eine Bereicherung, Vereinfachung und hohe diagnostische Treffsicherheit der Sensibilitätstests auch bei den überkronten Zähnen dar.

F. ZUSAMMENFASSUNG

Die Vitalitätsprüfung ist im Rahmen der Befunderhebung unerläßlich.

Die Möglichkeit der diagnostischen Anwendung von äußeren Reizen zur Bestimmung der Sensibilität der Pulpa beruht auf der Tatsache, daß die peripheren Nerven der Pulpa in direktem Kontakt mit den Odontoblasten sowohl intra- als auch extrapulpär stehen.
Die bei der Sensibilitätsprüfung angewandten überschwelligen Reize werden möglicherweise über die Odontoblasten der ihnen dicht anlagernden sensorischen Nervfasern übermittelt.

Verschiedene Theorien zur Klärung der Schmerzempfindung des Dentins wurden erörtert.

Ein Teil der Abhandlung setzt sich mit der thermischen Reizung des menschlichen Zahnorgans auseinander. Wärmeleitung der Zahnhartgewebe und Wärmeverhältnisse an den Zahnoberflächen werden beschrieben. Sensibilitätsprüfungen werden dadurch möglich, daß die in der Pulpa vorhandenen Nervenendigungen auf physikalische Reize eher und intensiver ansprechen als die Nerven des Parodontiums. Eine absolut sichere Pulpadiagnostik kann mit allen Testverfahren nicht betrieben werden. Es kann jedoch mit großer Sicherheit festgestellt werden, ob eine vitale oder eine devitale Pulpa vorliegt.

Nach einem historischen Überblick über die verschiedenen Verfahren der Vitalitätsprüfung, wird auf die thermische Prüfung mit Frigen-Kältemittel und CO_2-Schnee näher eingegangen.

Die Frage nach der Schädigungsmöglichkeit durch extrem tiefe Temperaturen wird beantwortet.

Das zur Sensibilitätsprüfung von der Fa. Hoechst hergestellte Kältemittel vom Frigen-Typ "PROVOTEST" wurde zusammen mit der bislang zuverlässigsten Prüfungsmethode mit Kohlensäureschnee auf seine Anwendbarkeit und Zuverlässigkeit hin bei 520 überkronten Zähnen untersucht und verglichen. Die Kontrolle der Ergebnisse erfolgte durch das Röntgenbild.

Es zeigte sich, daß das Frigen-Kältemittel (Provotest) in Wirkung und zuverlässiger Aussage ebenso gut ist wie der Kohlensäureschnee.

Eine Erklärung für die Fehldiagnose findet sich - neben anderen Faktoren - in der Schwierigkeit einer gesicherten Diagnose aufgrund des Röntgenbildes.

Die diagnostische Treffsicherheit von Provotest trifft bei überkronten Zähnen in 96,54 % aller Fälle, der von Kohlensäureschnee in 97,31 % aller Fälle zu.

Es kann somit festgestellt werden, daß das Kälteaerosol Provotest ein zuverlässiges, einfach anzuwendendes Testmittel darstellt.

Kälteaerosole (besonders in Spray-Form) und Kohlensäureschnee sind sowohl hinsichtlich der Zuverlässigkeit, Anwendungsbreite als auch der Handhabung gleichermaßen gut.

LITERATURNACHWEIS

1. Back, R.: Die Vitalitätsprüfung der Zähne mittels Kohlensäure-Schnee.
Prakt. Zahnarzt, 4, 309 - 312 (1936)

2. Baumann, R.: Vitalitätsprüfungen mit CO_2-Schnee, billig und einfach.
Quintess. 11, 49 - 50 (1964)

3. Becker, H.J.: Ein Beitrag zur Frage der Prüfung der Pulpa-Vitalität.
Dtsch. Zahnärztebl. 12, 16, 541 - 546 (1958)

4. Bock, Oskar: Über die Innervation des Dentins.
Dtsch. zahnärztl. Z. 15, 11, 838 - 848 (1960)

5. Borschke, Alfred und Hermann Wolf:
Eine neue Methode der elektrischen Zahnuntersuchung.
Öst.Z.Stomat. 27, 202 - 210 (1929)

6. Brännström, Martin:
Eine Theorie über die Sensibilität des Dentins.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 39, 1 und 2, 7 - 13 (1963)

7. Brown, W.S., H.R. Jacobs und Thompson, R.E.:
Thermal fatigue in teeth
Schmelzsprünge durch thermische Beanspruchung.
Ref.v. A.Kröncke aus T. dent. Res. 51, 461 - 467 (1972)
Dtsch.zahnärztl.Z. 27, 765 (1972)

8. Büchs, Hubertus:
Die Vitalitätsprüfung der Pulpa mit Kohlensäureschnee.
Zahnärztl. Rdsch. 62, 8, 194 - 195 (1953)

9. Dausch, H.: Die Vitalitätsprüfung der Zahnpulpa, vergleichende klinische und histologische Untersuchungen.
Dtsch. Zahnärztebl. 11, 5, 152 - 159 (1957)

10. Eifinger, F.F.:
Sensibilitätstest am menschlichen Zahn mit Kälteaerosolen.
Dtsch. Zahnärztebl. 24, 1, 26 - 32 (1970)

11. Eifinger, F.F.: Die Mikromorphologie der menschlichen Zahnpulpa.
Carl Hanser Verlag - München, 1970

12. Ferger, P. und J. Matthiessen:
Untersuchungen über die Sensibilitätsprüfungen mit Provotest.
Zahnärztl. Welt 83, 8, 422 - 423 (1974)

13. Fischer, C.H.: Vitalitätsprüfung der Pulpa.
Zahnärztl. Mitt. 18, 857 - 861 (1973)

14. Fischer, C.H.: Endodontie (Grundlagen, Überlegungen, Richtlinien)
Quintess. 2, 39 - 44 (1972)

15. Frank, Robert M.:
La dentine humaine est-elle innervée?
Schweiz.Mschr. Zahnheilk. 76, 9, 739 - 741 (1966)

16. Friedrich, W.: Studien über die feinere Innervation der Pulpa, des Dentins und der Dentinkanälchen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 8, 3, 117 - 129 (1953)

17. Fuhr, K. und W. Scherer:
Prüfmethodik und Ergebnisse vergleichender Untersuchungen zur Vitalitätsprüfung von Zähnen
Dtsch. zahnärztl. Z. 23, 12, 1344 - 1349 (1968)

18. Gängler, P., W. Pilz:
Bedeutung, Probleme und neue Gesichtspunkte der Sensibilitätsprüfung der Pulpa.
Dtsch. Stomat. 21, 9, 721 - 723 (1971)

19. Gülzow, H.J.: Die objektiven Prüfungsmethoden als Hilfsmittel für die Pulpadiagnostik.
Dtsch. Zahnärztebl. 17, 15, 430 - 433 (1963)

20. Harndt, Ewald: Die klinische Diagnostik der Pulpaerkrankungen unter Berücksichtigung der praktischen Bedürfnisse der Wurzel- und Pulpabehandlung.
Dtsch. Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 5, 10, 744 - 759 (1938)

21. Harndt, Raimund:
Die Erkrankungen der Pulpa und ihre Diagnose.
Dtsch. zahnärztl. Z. 24, 5, 389 - 400 (1969)

22. Hauenfelder, David:
Die verschiedenen Arten der Vitalitätsprüfung und ihre praktische Auswertung.
Öst. Z. Stomat. 54, 4, 185 - 190 (1957)

23. Hensel, Herbert und Gerlinde Mann:
Temperaturschmerz und Wärmeleitung im menschlichen Zahn.
Stoma (Heidelb.) 9, 76 - 83 (1956)

24. Herforth, A.: Zur Frage der Pulpavitalität nach Frontzahntrauma bei Jugendlichen - eine Longitudinaluntersuchung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 31, 938 - 946 (1976)

25. Herrmann, Martin:
Temperaturverhältnisse an der Mundschleimhaut, der Zunge und den Zähnen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 8, 10, 539 - 543 (1953)

26. Hesse, G.: Über den Nachweis des Lebenszustandes der Pulpa unversehrt aussehender Zähne durch den elektrischen Strom.
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 25, 3, 141 - 152 (1907)

27. Kempe, Walter und Leonhard Middendorf:
Das Treibgasaerosol als Arzneiform.
Dtsch. Apoth.-Ztg. 100, 30, 873 - 882 (1960)

28. Ketterl: Gutachterliche Stellungnahme zu Nr. 8 "Vitalitätsprüfung" des Bewertungsmaßstabes für die kassenzahnärztlichen Leistungen. (Bema) Bayer. Zahnärztebl. 1, 37 - 47 (1969)

29. Kluczka, J.: Histologische Pulpenuntersuchungen bei der Dentinanästhesie mittels gekühlter Luft (Nondolor).
Dtsch. zahnärztl. Z. 8, 5, 255 - 258 (1953)

30. Langenegger, P.A.:
Ein neues Gerät zur Prüfung der Pulpavitalität.
Öst.Z.Stomat. 51, 4, 200 - 204 (1954)

31. Lutz, F., W. Mörmann, T. Lutz:
Schmelzsprünge durch die Vitalitätsprüfungen mit Kohlensäureschnee.
Schweiz.Mschr. Zahnheilk. 84, 7, 709 - 725 (1974)

32. Mayer, A.W. - Wesseling:
Vitalitätsprüfungen mit dem Kältespray Provotest.
Dtsch. Zahnärztebl. 24, 6, 276 - 280 (1971)

33. Mayer, R.: Zur Feststellung der Vitalität der Pulpa.
Dtsch.Zahnärztl. Z. 30, 307 - 312 (1975)

34. Mayer, R.: Neues über die Vitalitätsprüfung mit Kältemitteln.
Dtsch. zahnärztl. Z. 26, 3, 422 - 428 (1971)

35. Mayer, R. und H. Heppe:
Vergleichende klinische Untersuchungen unterschiedlicher Mittel und Methoden zur Prüfung

der Vitalität der Zähne.
Zahnärztl. Welt. 83, 15, 778 - 781 (1974)

36. Mumford, J.M.: Untersuchungen über den Wert von Guttapercha und Äthylchlorid für Vitalitätsprüfungen der Pulpa.
Ref. aus Brit.Dent.J. 116, 8 (1964)
Zahnärztl. Welt 65, 22, 772 - 773 (1964)

37. Obwegeser, H. und E. Steinhäuser:
Ein neues Gerät zur Vitalitätsprüfung der Zähne mit Kohlensäureschnee.
Schweiz. Mschr. Zahnheilk. 73, 12, 1001 - 1012 (1963)

38. Pilz, W. und P. Gängler:
Über das physiologische und pathologische Verhalten der Pulpa und des Parodontiums in Klinik und Experiment.
Dtsch.Stomat. 19, 3, 161 - 170 (1969)

39. Pöllmann, L. und G. Hildebrand:
Über die suggestive Steuerbarkeit der Schmerzschwelle an gesunden Zähnen.
Dtsch. zahnärztl. Z. 32, 343 - 345 (1977)

40. Quevauviller, M.A., S. Garcet und Garet, J. - Pottier:
Un problème d'hygiène cutanée = l'utilisation des chloro-fluoro-méthanes comme pulseurs en cosmétologie.
Ann. pharm. franç. 17, 430 - 435 (1959)

41. Riedel, H. und J. Fichtner:
Ein Beitrag zur systematischen Befunderhebung.
Dtsch. zahnärztl. Z. 21, 3, 511 - 513 (1966)

42. Riethe, Peter: Gekühlte Luft und erwärmte Kohlensäure in ihren Auswirkungen auf den Zahn (Temperaturmessungen).
Zahnärztl. Rdsch. 62, 10, 265 - 271 (1953)

43. Sauermann, G.: Die Vitalitätsprüfung der Pulpa bei überkronten Zähnen.
Zahnärztl. Rdsch. 61, 1, 14 - 19 (1952)

44. Saxer, A.: Die Vitalitätsprüfung der Zähne.
Med. Diss. Zürich 1958

45. Schiller, Friedrich:
Ist die Vitalitätsprüfung mit Kohlensäureschnee unschädlich?
Öst. Z. Stomat. 35, 16, 1056 - 1063 (1937)

46. Schröder: Der Induktionsstrom als Diagnostikum in der zahnärztlichen Praxis.
Korresp. Bl. Zahnärzte 34, 68 - 78 (1905)

47. Schug-Kösters, M.:
Die Behandlung der Pulpa und des apicalen Parodontium.
Berlinische Verlagsanstalt - Berlin, 1966

48. Steinhauser, E.: Ein neues Gerät zur Vitalitätsprüfung der Zähne.
Öst. Z. Stomat. 62, 3, 112 - 115 (1965)

49. Stiegler, H.J.: Zur Problematik der Pulpenvitalitätsprüfungen.
Wien.med.Wschr. 104, 99 - 101 (1954)

50. Stiegler, H.J.: Neue Wege der Pulpenvitalitätsprüfung.
Zahnärztl. Welt. 10, 16, 426 - 427 (1955)

51. Straßburg, M.: Der Verdacht auf odontogene Herderkrankungen und seine praktischen Konsequenzen für den Zahnarzt.
Zahnärztl. Welt 65, 22, 772 - 773 (1964)

52. Thonhofer, P.: Einige Vorbedingungen zur Vitalitätsprüfung von Zahnpulpen.
Zahnärztl. Prax. 13, 24, 288 (1962)

53. Tojoda, Minoru: Die Innervation des menschlichen Zahnbeins.
Dtsch.zahnärztl. Wschr. 37, 28, 641 - 645 und 670 - 673 (1934)

54. Vanmosucnek, A.: Über die Sensibilität der Zähne gegen den Wechsel der Temperatur.
La Stomatologie Belge
Arch.Zahnheilk. 12, 13 - 17 (1910)

55. Walkhoff-Hess: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde.
Johan Ambrosius Barth Verlag - Leipzig, 1954

56. Weber Rudolf: Über die Symptomatologie der Pulpitis und eine neue Methode ihrer Diagnostik, die Chronaxiebestimmung.
Zahnärztl. Rdsch. 42, 1, 3 - 10 (1933)

57. Weber, Rudolf: Über die Chronaxie der sensiblen Nervenendigungen im gesunden Zahn.
Dtsch. Mschr. Zahnheilk. 51, 17, 769 - 775 (1933)

58. Werz, R. und R. Weber:
Über die Chronaxie der Schmerzrezeptoren in den Zähnen.
Dtsch. zahnärztl. Wschr. 36, 12, 276 - 278 (1933)

59. Werz, R.: Über die Chronaxie der sensiblen Nervenendigungen im Zahnbein.
Naunyn-Schmiedeberg's Arch. exp. Path. Pharmak. 167, 191 - 195 (1932)

Herrn Prof. Dr.E.Kraft möchte ich an dieser Stelle meinen Dank für die Überlassung des Themas sowie für die Unterstützung bei der Durchführung und Durchsicht der Arbeit aussprechen.

LEBENSLAUF

Am 1.4.1942 wurde ich als viertes Kind des Ehepaares Sadettin und Hanife Senocak in Nevsehir/Türkei geboren.

Von 1950 bis 1955 besuchte ich die Volksschule in Nevsehir. Danach trat ich in die Mittelschule der gleichen Stadt ein. Nach der vorgeschriebenen dreijährigen Mittelschulzeit wechselte ich auf die staatliche Oberrealschule Nevsehir über und legte dort am 1.9.1961 die Reifeprüfung ab.

Nach dem Abitur kam ich nach Deutschland und erlernte die deutsche Sprache. Im Jahre 1962 ließ ich mich in München an der Ludwig-Maximilians-Universität immatrikulieren. Ich begann das Studium der Zahnmedizin am 1.11.1962. Im Herbst 1965 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung und legte im Februar 1969 die zahnärztliche Prüfung (Staatsexamen) ab.

Seither bin ich als Zahnarzt in unselbständiger Stellung tätig.